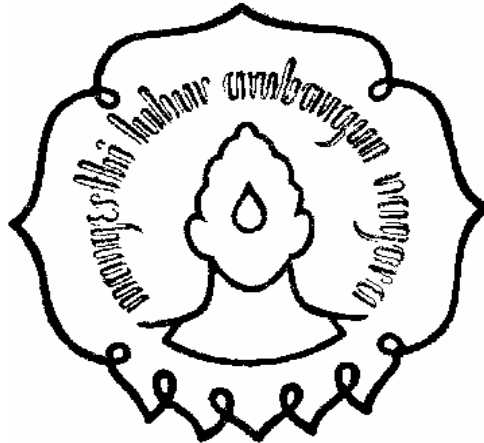


# **PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG UKM DUA LANTAI**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada Program DIII Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret  
Surakarta**



**Dikerjakan oleh :**

**ARIF MAHMUDI**  
**I8506035**

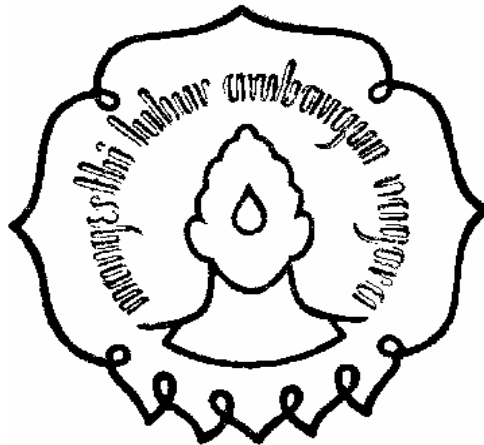
**PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2009**

# **HALAMAN PENGESAHAN**

## **PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG UKM DUA LANTAI**

### **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada Program DIII Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret  
Surakarta**



**Dikerjakan oleh :**

**ARIF MAHMUDI  
I8506035**

**Diperiksa dan disetujui,  
Dosen Pembimbing**

**Widi Hartono, ST.,MT.  
NIP. 19731209199802 1001**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG UKM  
DUA LANTAI  
TUGAS AKHIR**

Dikerjakan oleh :

**ARIF MAHMUDI**  
**I8506035**

Disetujui :  
Dosen Pembimbing

**Widi Hartono, ST.,MT.**  
**NIP. 19731209199802 1001**

Dipertahankan didepan tim penguji:

1. Widi Hartono, ST.,MT. :.....  
NIP. 19731209 199802 1 001
2. ACHMAD BASUKI, ST, MT :.....  
NIP. 19710901 199702 1 001
3. PURNAWAN GUNAWAN, ST, MT :.....  
NIP. 19731209 199802 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UNS

Disahkan,

Ketua Program D-III Teknik Sipil  
Jurusan Teknik Sipil FT UNS






Ir. BAMBANG SANTOSA, MT  
NIP. 19590823 198601 1 001

Ir.SLAMET PRAYITNO, MT  
NIP. 19531227 198601 1 001

Mengetahui,  
a.n. Dekan  
Pembantu Dekan I  
Fakultas Teknik UNS

Ir. NOEGROHO DJARWANTI, MT  
NIP. 19561112 198403 2 007

## MOTTO

-  Tak ada yang tak mungkin di dunia ini jika kita mau berusaha
-  Jangan pernah menyerah dalam menghadapi hidup ini
-  Selalu berusaha untuk fokus dalam melakukan setiap pekerjaan agar mendapatkan hasil yang terbaik
-  Setiap ada kemauan pasti ada jalan
-  Selalu tawakal dan berdo'a kepada ALLAH SWT.

## PERSEMBAHAN

### ➤ Bapak dan Ibu tercinta

Yang selalu memberi semangat,dukungan serta do'a yang tulus padaku.

### ➤ Semua keluargaku

Terutama lek yoto sekeluarga dan semua keluarga di PATI terima kasih atas bantuannya selama ini.

### ➤ Teman-teman

D3 Sipil Gedung 2006, HMP,KMPP dan BKI semoga kita selalu dapat berkomunikasi walau jarak memisahkan kita.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul "PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG UKM DUA LANTAI" ini dengan baik.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini, Penyusun banyak menerima bantuan, bimbingan dan dorongan yang sangat berarti dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta beserta staf.
2. Ir. Bambang Santoso, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Ir.Slamet Piyanto,MT selaku Ketua Program DIII Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Purnawan Gunawan, ST. MT., selaku pembimbing Akademik.
5. Widi Hartono, ST.MT., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir
6. Bapak dan Ibu atas do'a dan dorongan motivasi serta prasarana yang telah diberikan.
7. Rekan - rekan sipil gedung '06 dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna serta banyak kekurangan sehingga kritik dan saran maupun masukan yang membangun sangat penyusun harapkan.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, Agustus 2009

Penyusun

# DAFTAR ISI

	Hal
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL</b> .....	xv

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan. ....	1
1.3 Kriteria Perencanaan .....	2
1.4 Peraturan-Peraturan yang Digunakan.....	2

## **BAB 2 DASAR TEORI**

2.1 Dasar Perencanaan.....	3
2.1.1 Jenis Pembebanan.....	3
2.1.2 Sistem Bekerjanya Beban.....	5
2.1.3 Provisi Keamanan.....	6
2.2 Perencanaan Atap .....	7
2.3 Perencanaan Tangga .....	8
2.4 Perencanaan Plat Lantai .....	9
2.5 Perencanaan Balok .....	12
2.6 Perencanaan Portal .....	14
2.7 Perencanaan Pondasi .....	14

### **BAB 3 PERENCANAAN ATAP**

3.1	Perencanaan Atap.....	16
3.1.1	Dasar Perencanaan .....	17
3.2	Perencanaan Gording.....	18
3.2.1	Perencanaan Pembebanan .....	18
3.2.2	Perhitungan Pembebanan .....	18
3.2.3	Kontrol Terhadap Tegangan .....	20
3.2.4	Kontrol terhadap lendutan.....	21
3.3	Perencanaan Seperempat Kuda-Kuda .....	23
3.3.1	Perhitungan Panjang Batang Seperempat Kuda-Kuda.....	23
3.3.2	Perhitungan Luasan Seperempat Kuda-Kuda .....	24
3.3.3	Perhitungan Pembebanan Seperempat Kuda-kuda .....	26
3.3.4	Perencanaan Profil Seperempat Kuda-kuda.....	31
3.3.5	Perhitungtan Alat Sambung .....	33
3.4	Perencanaan Setengah Kuda-kuda .....	36
3.4.1	Perhitungan Panjang Batang Setengah Kuda-Kuda.....	36
3.4.2	Perhitungan Luasan Setengah Kuda-Kuda.....	37
3.4.3	Perhitungan Pembebanan Setengah Kuda-kuda.....	40
3.4.4	Perencanaan Profil Setengah Kuda-kuda .....	48
3.4.5	Perhitungtan Alat Sambung .....	50
3.5	Perencanaan Kuda-kuda Trapesium .....	53
3.5.1	Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda Trapesium .....	53
3.5.2	Perhitungan Luasan Setengah Kuda-kuda Trapesium .....	55
3.5.3	Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Trapesium .....	58
3.5.4	Perencanaan Profil Kuda-kuda Trapesium.....	67
3.5.4	Perhitungan Alat Sambung .....	70
3.6	Perencanaan Kuda-kuda Utama .....	74
3.5.1	Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda Utama.....	74
3.5.2	Perhitungan Luasan Setengah Kuda-kuda Utama.....	76
3.5.3	Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Utama.....	79
3.5.4	Perencanaan Profil Kuda-kuda Utama .....	89
3.5.4	Perhitungan Alat Sambung .....	92



## **BAB 4 PERENCANAAN TANGGA**

4.1	Uraian Umum .....	96
4.2	Data Perencanaan Tangga .....	96
4.3	Perhitungan Tebal Plat Equivalent dan Pembebanan .....	98
4.3.1	Perhitungan Tebal Plat Equivalent.....	98
4.3.2	Perhitungan Beban.....	99
4.4	Perhitungan Tulangan Tangga dan Bordes.....	100
4.4.1	Perhitungan Tulangan Tumpuan.....	100
4.4.2	Perhitungan Tulangan Lapangan.....	102
4.5	Perencanaan Balok Bordes.....	104
4.5.1	Pembebanan Balok Bordes.....	104
4.5.2	Perhitungan Tulangan Lentur.....	105
4.5.3	Perhitungan Tulangan Geser.....	107
4.6	Perhitungan Pondasi Tangga.....	108
4.7	Perencanaan Kapasitas Dukung Pondasi.....	109

## **BAB 5 PLAT LANTAI**

5.1	Perencanaan Pelat Lantai .....	113
5.2	Perhitungan Beban Pelat Lantai.....	113
5.3	Perhitungan Momen .....	114
5.4	Penulangan Pelat Lantai.....	115
5.4.1	Penulangan Tumpuan Arah x.....	117
5.4.2	Penulangan Tumpuan Arah y.....	118
5.4.3	Penulangan Lapangan Arah x.....	119
5.4.4	Penulangan Lapangan Arah y.....	120
5.5	Rekapitulasi Tulangan.....	121

## **BAB 6 PERENCANAAN PORTAL**

6.1	Perencanaan Portal.....	122
6.1.1	Menentukan Dimensi Perencanaan Portal.....	123
6.1.2	Ukuran Penampang Kolom.....	123

6.2	Perhitungan Lebar Equivalent Plat.....	123
6.2.1	Pembebanan Balok Portal Melintang.....	125
6.2.2	Pembebanan Balok Portal Memanjang.....	126
6.2.3	Pembebanan Ringbalk.....	128
6.2.4	Pembebanan Sloof.....	128
6.3	Penulangan Ring Balk.....	129
6.3.1	Perhitungan Tulangan Lentur .....	129
6.3.2	Perhitungan Tulangan Geser.....	131
6.4	Penulangan Balok Portal.....	133
6.4.1	Perhitungan Tulangan Lentur Balok Portal Melintang.....	133
6.4.2	Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal Melintang.....	135
6.4.3	Perhitungan Tulangan Lentur Balok Portal Memanjang.....	136
6.4.4	Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal Melintang.....	139
6.5	Penulangan Kolom.....	140
6.5.1	Perhitungan Tulangan Lentur Kolom.....	140
6.5.2	Perhitungan Tulangan Geser Kolom.....	141
6.6	Penulangan Sloof.....	142
6.6.1	Perhitungan Tulangan Lentur .....	142
6.6.2	Perhitungan Tulangan Geser.....	144

## **BAB 7 PERENCANAAN PONDASI**

7.1	Perencanaan Kapasitas Dukung Pondasi.....	147
7.2	Perencanaan Tulangan Pondasi.....	148
7.2.1	Perhitungan Tulangan Geser.....	148
7.2.2	Perhitungan Tulangan Lentur.....	149

## **BAB 8 REKAPITULASI PERENCANAAN**

8.1	Perencanaan Atap .....	151
8.2	Perencanaan Tangga.....	157
8.3	Perencanaan Plat.....	158
8.2	Perencanaan Portal.....	159

8.2 Perencanaan Pondasi Footplat.....	159
<b>PENUTUP.....</b>	<b>161</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>162</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>163</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 3.1 Denah Rencana Atap.....	16
Gambar 3.2 Rencana kuda-kuda .....	17
Gambar 3.3 Panjang Batang Seperempat Kuda- kuda.....	23
Gambar 3.4 Luasan Atap Seperempat Kuda-kuda.....	24
Gambar 3.5 Luasan Plafon Seperempat Kuda-kuda .....	25
Gambar 3.6 Pembebanan Seperempat Kuda-kuda akibat beban mati .....	26
Gambar 3.7 Pembebanan Seperempat kuda-kuda akibat beban angin .....	29
Gambar 3.8 Panjang Batang Setengah Kuda- kuda. ....	36
Gambar 3.9 Luasan Atap .....	37
Gambar 3.10 Luasan Plafon.....	39
Gambar 3.11 Pembebanan Setengah Kuda-kuda akibat beban mati .....	40
Gambar 3.12 Pembebanan Setengah kuda-kuda akibat beban angin.....	45
Gambar 3.13 Panjang Batang Kuda- kuda Trapesium.....	53
Gambar 3.14 Luasan Atap .....	55
Gambar 3.15 Luasan Plafon.....	56
Gambar 3.16 Pembebanan Kuda-kuda Trapesium akibat beban mati .....	58
Gambar 3.17 Pembebanan kuda-kuda Trapesium akibat beban angin .....	62
Gambar 3.18 Panjang Batang Kuda- kuda Utama. ....	74
Gambar 3.19 Luasan Atap .....	76
Gambar 3.20 Luasan Plafon.....	77
Gambar 3.21 Pembebanan Kuda-kuda Utama akibat beban mati .....	79
Gambar 3.22 Pembebanan kuda-kuda Utama akibat beban angin.....	84
Gambar 4.1 Perencanaann Tangga. ....	96
Gambar 4.2 Detail Tangga. ....	97
Gambar 4.3 Tebal Equivalent. ....	98
Gambar 4.4 Rencana Tumpuan Tangga.....	100
Gambar 4.5 Pondasi Tangga. ....	108
Gambar 5.1 Denah Plat lantai .....	113
Gambar 5.2 Plat Tipe A .....	114

Gambar 5.3 Perencanaan Tinggi Efektif.....	116
Gambar 6.1 Area Pembebanan Portal .....	122
Gambar 6.2. Pembebanan Balok Portal As 2.....	125
Gambar 6.3. Pembebanan Balok Portal As B.....	126
Gambar 6.4. Denah beban titik ringbalk.....	128
Gambar 7.1 Perencanaan Pondasi .....	146

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Koefisien Reduksi Beban hidup.....	4
Tabel 2.2 Faktor Pembebanan U .....	6
Tabel 2.3 Faktor Reduksi Kekuatan $\phi$ .....	7
Tabel 2.4. Momen per meter akibat beban terbagi rata.....	10
Tabel 3.1 Kombinasi Gaya Dalam Pada Gording.....	20
Tabel 3.2 Perhitungan panjang batang pada seperempat kuda-kuda .....	23
Tabel 3.3 Rekapitulasi Pembebanan seperempat KK .....	29
Tabel 3.4 Perhitungan Beban Angin .....	30
Tabel 3.5 Rekapitulasi Seluruh Pembebanan Seperempat Kuda-kuda.....	30
Tabel 3.5 Rekapitulasi Gaya Batang Seperempat KK .....	31
Tabel 3.6 Rekapitulasi Perencanaan Profil Seperempat Kuda-Kuda.....	35
Tabel 3.2 Perhitungan panjang batang pada Setengah kuda-kuda .....	36
Tabel 3.3 Rekapitulasi Pembebanan Setengah KK.....	45
Tabel 3.4 Perhitungan Beban Angin .....	46
Tabel 3.5 Rekapitulasi Seluruh Pembebanan Setengah Kuda-kuda.....	47
Tabel 3.5 Rekapitulasi Gaya Batang Setengah KK .....	47
Tabel 3.6 Rekapitulasi Perencanaan Profil Setengah Kuda-Kuda.....	52
Tabel 3.2 Perhitungan panjang batang pada kuda-kuda Trapesium .....	53
Tabel 3.3 Rekapitulasi Pembebanan kuda-kuda Trapesium .....	62
Tabel 3.4 Perhitungan Beban Angin .....	64
Tabel 3.5 Rekapitulasi Seluruh Pembebanan Kuda-kuda Trapesium.....	64
Tabel 3.5 Rekapitulasi Gaya Batang KK Trapesium.....	65
Tabel 3.6 Rekapitulasi Perencanaan Profil Kuda-Kuda Trapesium .....	72
Tabel 3.2 Perhitungan panjang batang pada kuda-kuda Utama.....	74
Tabel 3.3 Rekapitulasi Pembebanan KK Utama.....	83
Tabel 3.4 Perhitungan Beban Angin .....	86
Tabel 3.5 Rekapitulasi Seluruh Pembebanan Kuda-kuda Utama.....	86

Tabel 3.5 Rekapitulasi Gaya Batang KK Utama .....	87
Tabel 3.6 Rekapitulasi Perencanaan Profil Kuda-Kuda Utama .....	94
Tabel 5.1 Perhitungan Plat Lantai.....	115
Tabel 6.1. Pembebanan portal melintang.....	
126	
Tabel 6.2. Pembebanan portal memanjang.....	
127	
Tabel 8.1 Rekapitulasi perencanaan profil Seperempat kuda-kuda .....	152
Tabel 8.2 Rekapitulasi perencanaan profil setengah kuda-kuda .....	153
Tabel 8.3 Rekapitulasi perencanaan profil kuda-kuda trapesium .....	154
Tabel 8.4 Rekapitulasi perencanaan profil kuda-kuda .....	156

# LAMPIRAN -LAMPIRAN

## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

A	= Luas penampang batang baja ( $\text{cm}^2$ )
B	= Luas penampang ( $\text{m}^2$ )
AS'	= Luas tulangan tekan ( $\text{mm}^2$ )
AS	= Luas tulangan tarik ( $\text{mm}^2$ )
B	= Lebar penampang balok (mm)
C	= Baja Profil Canal
D	= Diameter tulangan (mm)
Def	= Tinggi efektif (mm)
E	= Modulus elastisitas(m)







$e$	= Eksentrisitas (m)
$F'_c$	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
$F_y$	= Kuat leleh yang disyaratkan (Mpa)
$g$	= Percepatan gravitasi (m/dt)
$h$	= Tinggi total komponen struktur (cm)
$H$	= Tebal lapisan tanah (m)
$I$	= Momen Inersia ( $\text{mm}^2$ )
$L$	= Panjang batang kuda-kuda (m)
$M$	= Harga momen (kgm)
$M_u$	= Momen berfaktor (kgm)
$N$	= Gaya tekan normal (kg)
$N_u$	= Beban aksial berfaktor
$P'$	= Gaya batang pada baja (kg)
$q$	= Beban merata (kg/m)
$q'$	= Tekanan pada pondasi ( kg/m)
$S$	= Spasi dari tulangan (mm)
$V_u$	= Gaya geser berfaktor (kg)
$W$	= Beban Angin (kg)
$Z$	= Lendutan yang terjadi pada baja (cm)
$\phi$	= Diameter tulangan baja (mm)
$\theta$	= Faktor reduksi untuk beton
$\rho$	= Ratio tulangan tarik ( $A' / A_s$ )
$\sigma$	= Tegangan yang terjadi ( $\text{kg/cm}^2$ )
$\omega$	= Faktor penampang

## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

A	= Luas penampang ( $\text{cm}^2$ )
$A_g$	= Luas penampang kotor ( $\text{mm}^2$ )
$A_s'$	= Luas tulangan tekan ( $\text{mm}^2$ )
$A_s$	= Luas tulangan tarik ( $\text{mm}^2$ )
b	= Lebar penampang balok (mm)
C	= Baja Profil Canal
D	= Diameter tulangan ulir (mm)
d	= jarak serat terluar ke pusat tulangan (mm)
$E_c$	= Modulus elastisitas(MPa)
e	= Eksentrisitas (m)
$F'_c$	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
$F_y$	= Kuat leleh yang disyaratkan (MPa)
h	= Tinggi total komponen struktur (mm)
I	= Momen Inersia ( $\text{cm}^4$ )
i	= Jari-jari Kelembaman/kelambatan ( cm )
L <sub>k</sub>	= panjang tekuk komponen struktur ( mm )
M <sub>n</sub>	= kuat momen nominal pada suatu batang (kgm, Nmm)
M <sub>u</sub>	= Momen berfaktor (kgm, Nmm)
M <sub>Lx</sub>	= Momen lapangan maks permeter lebar di arah x (tm)
M <sub>Ly</sub>	= Momen lapangan maks permeter lebar di arah y (tm)
M <sub>tx</sub>	= Momen Tumpuan maks permeter lebar di arah x (tm)
M <sub>ty</sub>	= Momen Tumpuan maks permeter lebar di arah y (tm)
M <sub>tix</sub>	= Momen jepit tak terduga permeter lebar di arah x (tm)
M <sub>tiy</sub>	= Momen jepit tak terduga permeter lebar di arah y (tm)
N	= Gaya tekan normal (kg)
N <sub>u</sub>	= Beban aksial berfaktor (N )
P	= Beban aksial ( N )
q	= Beban merata (kg/m)
R <sub>n</sub>	= Kuat nominal ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
S	= Spasi dari tulangan (mm)
V <sub>n</sub>	= Gaya geser nominal (N

$V_s$	= Gaya geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
$V_u$	= Gaya geser berfaktor (N)
$W$	= Beban Angin (kg)
$Z$	= Lendutan yang terjadi pada baja (cm)
$\lambda$	= Angka kelangsingan batang
$\phi$	= Diameter tulangan baja (mm)
$\phi$	= Faktor reduksi untuk beton
$\rho$	= Ratio tulangan
$\rho_b$	= Ratio tulangan yang memberi kondisi regangan yang seimbang
$\sigma$	= Tegangan yang terjadi ( $\text{kg/cm}^2$ )
$\sigma_{ijin}$	= Tegangan yang ditetapkan menurut peraturan sebagai suatu persentase dari kuat tekan beton dan tegangan leleh baja ( $\text{kg/cm}^2$ )
$\omega$	= Faktor tekuk

	= lapisan terluar menunjuk keluar plat ( dibawah 1 )
	= lapisan kedua dari luar menunjuk keluar plat ( dibawah 2 )
	= lapisan terluar menunjuk kedalam plat ( diatas 1 )
	= lapisan kedua dari luar menunjuk kedalam plat ( diatas 2 )

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi yang semakin pesat menuntut bangsa Indonesia untuk dapat menghadapi segala persaingan dan tantangan yang ada. Hal itu akan dapat terlaksana apabila sumber daya manusia bangsa Indonesia mempunyai kualitas yang tinggi. Salah satu sarana yang dapat mewujudkan hal tersebut adalah dengan pendidikan yang berkualitas pula.

Sebagai lembaga pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta merealisasikan hal tersebut dengan memberikan sebuah Tugas Akhir. Dalam hal ini khususnya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil memberikan tugas perencanaan gedung bertingkat dengan maksud agar sumber daya manusia yang dihasilkan mampu bersaing di dunia kerja.

### 1.2. Maksud dan Tujuan

Dalam Tugas Akhir ini penulis melakukan perencanaan UKM ( Unit Kegiatan Mahasiswa ) dua lantai dengan maksud dan tujuan agar gedung yang dibangun nanti dapat dimanfaatkan untuk :

1. Memfasilitasi setiap Unit Kegiatan Mahasiswa yang ada di lingkungan Fakultas khususnya Teknik dalam gedung yang sama.
2. Memudahkan pengontrolan/pengkoordinasian setiap kegiatan yang akan dilakukan setiap Unit Kegiatan Mahasiswa.

### 1.3. Kriteria Perencanaan

#### 1. Spesifikasi Bangunan

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| a. Fungsi Bangunan    | : Ruang Kuliah dan UKM |
| b. Luas Bangunan      | : 640 m <sup>2</sup>   |
| c. Jumlah Lantai      | : 2 Lantai             |
| d. Tinggi Tiap Lantai | : 4 m                  |

e. Pondasi : *Foot Plat*

## 2. Spesifikasi Bahan

- |                                 |          |                          |
|---------------------------------|----------|--------------------------|
| a. Mutu Baja Tulangan ( $f_y$ ) | : Polos  | Tegangan Leleh : 240 MPa |
|                                 | Ulir     | Tegangan Leleh : 325 MPa |
| b. Mutu Beton ( $f'_c$ )        | : 20 MPa |                          |
| c. Mutu Baja                    | : BJ 37  |                          |

### 1.4. Peraturan-Peraturan yang digunakan

- 1 Standart tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SKSNI T-15-1991-03).
2. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung ( PPIUG ) 1983.
3. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI ) 1984.

## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1 Dasar Perencanaan

##### 2.1.1 Jenis Pembebanan

Dalam merencanakan struktur suatu bangunan bertingkat, digunakan struktur yang mampu mendukung berat sendiri, gaya angin, beban hidup maupun beban khusus yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Beban-beban yang bekerja pada struktur dihitung menurut **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983**, beban - beban tersebut adalah :

#### 1. Beban Mati (qd)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian–penyelesaian, mesin – mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. Untuk merencanakan gedung ini, beban mati yang terdiri dari berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung adalah :

##### a. Bahan Bangunan :

1. Beton Bertulang .....  $2400 \text{ kg/m}^3$
2. .... Pasir  
(jenuh air) .....  $1800 \text{ kg/m}^3$
3. Beton biasa .....  $2200 \text{ kg/m}^3$

##### b. Komponen Gedung :

1. Dinding pasangan batu merah setengah bata.....  $250 \text{ kg/m}^3$
2. Langit – langit dan dinding termasuk rusuk – rusuknya  
tanpa penggantung .....  $11 \text{ kg/m}^2$
3. Penutup atap genteng dengan reng dan usuk.....  $50 \text{ kg/m}^2$
4. Penutup lantai dari tegel, keramik dan beton (tanpa adukan)  
per cm tebal .....  $24 \text{ kg/m}^2$
5. Adukan semen per cm tebal .....  $21 \text{ kg/m}^2$

#### 2. Beban Hidup (ql)

Beban hidup adalah semua bahan yang terjadi akibat penghuni atau pengguna suatu gedung, termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin – mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan lantai dan atap tersebut. Khususnya pada atap, beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan (**PPIUG 1983**).

Beban hidup yang bekerja pada bangunan ini disesuaikan dengan rencana fungsi bangunan tersebut. Beban hidup untuk bangunan ini terdiri dari :

1. Beban atap ..... 100 kg/m<sup>2</sup>
2. Beban tangga dan bordes ..... 300 kg/m<sup>2</sup>
3. Beban lantai ..... 250 kg/m<sup>2</sup>

Berhubung peluang untuk terjadi beban hidup penuh yang membebani semua bagian dan semua unsur struktur pemikul secara serempak selama unsur gedung tersebut adalah sangat kecil, maka pada perencanaan balok induk dan portal dari sistem pemikul beban dari suatu struktur gedung, beban hidupnya dikalikan dengan suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada penggunaan gedung yang ditinjau, seperti diperlihatkan pada tabel :

Tabel 2.1 Koefisien reduksi beban hidup

Penggunaan Gedung	Koefisien Beban Hidup untuk Perencanaan Balok Induk dan portal
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PERUMAHAN / HUNIAN: Rumah sakit, rumah tinggal</li> </ul>	0,75
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PERTEMUAN UMUM : Ruang Rapat, R. Serba Guna, Musholla</li> </ul>	0,90
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PENYIMPANAN : Perpustakaan, Ruang Arsip</li> </ul>	0,90
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PENDIDIKAN : Sekolah, Ruang kuliah</li> </ul>	0,90

Sumber : PPIUG 1983

### 3. Beban Angin (W)

Beban Angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (**PPIUG 1983**).

Beban Angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (hisapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif yang dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$  ini ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup dengan koefisien – koefisien angin. Tekan tiup harus diambil minimum  $25 \text{ kg/m}^2$ , kecuali untuk daerah di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai. Pada daerah tersebut tekanan hisap diambil minimum  $40 \text{ kg/m}^2$ .

Sedangkan koefisien angin untuk gedung tertutup :

- a. Dinding Vertikal
  1. Di pihak angin ..... + 0,9
  2. Di belakang angin ..... - 0,4
- b. Atap segitiga dengan sudut kemiringan  $\alpha$ 
  1. Di pihak angin :  
 $\alpha < 65^\circ$  .....  $0,02 \alpha - 0,4$   
 $65^\circ < \alpha < 90^\circ$  ..... + 0,9
  2. Di belakang angin, untuk semua  $\alpha$  ..... - 0,4

### 2.1.2 Sistem Kerjanya Beban

Bekerjanya beban untuk bangunan bertingkat berlaku sistem gravitasi, yaitu elemen struktur yang berada di atas akan membebani elemen struktur di bawahnya, atau dengan kata lain elemen struktur yang mempunyai kekuatan lebih besar akan menahan atau memikul elemen struktur yang mempunyai kekuatan lebih kecil.

Dengan demikian sistem bekerjanya beban untuk elemen – elemen struktur gedung bertingkat secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut :

Beban pelat lantai didistribusikan terhadap balok anak dan balok portal, beban balok portal didistribusikan ke kolom dan beban kolom kemudian diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi.

### 2.1.3 Provisi Keamanan



Dalam PPIUG 1983 dan SNI 03-1729-2002, struktur harus direncanakan untuk memiliki cadangan kekuatan untuk memikul beban yang lebih tinggi dari beban normal. Kapasitas cadangan ini mencakup faktor pembebanan (U), yaitu untuk memperhitungkan pelampauan beban dan faktor reduksi ( $\phi$ ), yaitu untuk memperhitungkan kurangnya mutu bahan di lapangan. Pelampauan beban dapat terjadi akibat perubahan dari penggunaan untuk apa struktur direncanakan dan penafsiran yang kurang tepat dalam memperhitungkan pembebanan. Sedang kekurangan kekuatan dapat diakibatkan oleh variasi yang merugikan dari kekuatan bahan, pengerjaan, dimensi, pengendalian dan tingkat pengawasan.

Tabel 2.2 Faktor Pembebanan U

N o.	KOMBINASI BEBAN	FAKTOR U
1	D, L	$1,2 D + 1,6 L$
·	D, L, W	$1,2D + 1,6L + 0,8W$
2	D, W	$0,9 D + 1,3 W$
·		
3		
·		

Keterangan :

D = Beban mati

L = Beban hidup

W = Beban angin

Tabel 2.3 Faktor Reduksi Kekuatan  $\phi$

N o	GAYA	$\phi$
1	Lentur tanpa beban aksial	0,80
·	Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur	0,80
2	Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur	0,65 – 0,80
·	Geser dan torsi	0,60
3	Tumpuan Beton	0,70
·		
4		

·		
5		
·		

Karena kandungan agregat kasar untuk beton struktural seringkali berisi agregat kasar berukuran diameter lebih dari 2 cm, maka diperlukan adanya jarak tulangan minimum agar campuran beton basah dapat melewati tulangan baja tanpa terjadi pemisahan material sehingga timbul rongga – rongga pada beton. Sedang untuk melindungi dari karat dan kehilangan kekuatannya dalam kasus kebakaran, maka diperlukan adanya tebal selimut beton minimum.

Beberapa persyaratan utama pada SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut :

- Jarak bersih antara tulangan sejajar yang selapis tidak boleh kurang dari  $d_b$  atau 25 mm, dimana  $d_b$  adalah diameter tulangan.
- Jika tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapisan atas harus diletakkan tepat diatas tulangan di bawahnya dengan jarak bersih tidak boleh kurang dari 25 mm.

Tebal selimut beton minimum untuk beton yang dicor setempat adalah:

- Untuk pelat dan dinding = 20 mm
- Untuk balok dan kolom = 40 mm
- Beton yang berhubungan langsung dengan tanah atau cuaca = 50 mm

## 2.2 Perencanaan Atap

Perhitungan dimensi profil rangka kuda-kuda :

- Untuk batang tarik.

$$F_{\text{netto}} = \frac{P_{\text{maks}}}{\sigma_{\text{ijin}}}$$

$\sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$ , karena profil yang digunakan Bj-37 (SNI 03-1729-2002)

$$\sigma_{\text{leleh}} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{bruto}} = 1.15 \times F_{\text{netto}} \dots \dots \dots \leq F_{\text{profil}}$$

Syarat :

$$1.) \sigma_{\text{terjadi}} \leq 0,75 \times \sigma_{\text{ijin}}$$

$$2.) \sigma_{\text{terjadi}} = \frac{P_{\text{maks}}}{0,85 \times F_{\text{profil}}}$$

b. Untuk batang tekan

$lk$  = panjang tekuk

$I_{\min} = I_x = I_y$  = momen inersia (  $\text{cm}^4$  )

$i_{\min} = i_x = i_y$  = jari-jari inersia (  $\text{cm}$  )

$E_{\text{baja}} = 2,10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$F$  = Luas penampang profil (  $\text{cm}^2$  )

$$\lambda = \frac{lk}{i_{\min}}$$

$$\lambda_g = \pi \sqrt{\frac{E}{0,75 \times \sigma_{\text{leleh}}}} \dots\dots\dots ; \text{dimana } \sigma_{\text{leleh}} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g}$$

Apabila :  $\lambda_s \leq 0,183$  .....  $\omega = 1$

$$0,183 < \lambda_s < 1 \dots\dots\dots \omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$\lambda_s \geq 1 \dots\dots\dots \omega = 2,381 \times \lambda_s^2$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\sigma_{\text{terjadi}} = \frac{P_{\text{maks}} \times \omega}{F_{\text{profil}}} \dots\dots\dots \leq \sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

## 2.3 Perencanaan Tangga

Untuk perencanaan tangga dipakai kombinasi pembebanan akibat beban mati dan beban hidup yang disesuaikan dengan PPIUG 1983 dan SNI 03 – 2847 – 2002.

Untuk menentukan tulangan :

$$d = h - p - \frac{1}{2} \emptyset_t - \emptyset_s$$

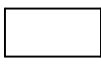
- $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$
- $\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_b$
- $\rho_{\text{min}}$  = untuk tangga = plat lantai dipakai 0,002

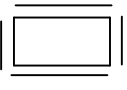
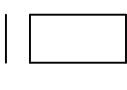
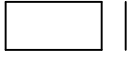
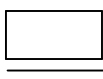
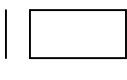
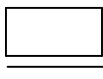
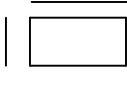

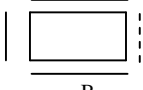
- $M_n = \frac{Mu}{\phi}$
- $R_n = \frac{M_n}{b.d^2}$
- $m = \frac{f_y}{0,85.f'_c}$
- $\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right)$
- $\phi = 0,80$
- Jika  $\rho > \rho_{\text{mak}}$  : di pakai tulangan rangkap
- Jika  $\rho < \rho_{\text{mak}}$  : di pakai tulangan tunggal
- Jika  $\rho < \rho_{\text{min}}$  : di pakai  $\rho_{\text{min}} = 0,0025$
- $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

## 2.4 Perencanaan Plat Lantai

Dalam merencanakan plat lantai beton bertulang yang perlu diketahui tidak hanya pembebanan tetapi juga ukuran dan syarat-syarat tumpuan pada tepi. Syarat-syarat tumpuan menentukan jenis perletakan dan jenis penghubung di tempat tumpuan. Bila plat dapat berotasi bebas pada tumpuan, maka plat itu dikatakan “ ditumpu bebas “. Bila tumpuan mencegah plat berotasi dan relative sangat kaku terhadap momen puntir, maka plat itu “ terjepit penuh “. Bila balok tepi tidak cukup untuk mencegah rotasi sama sekali, maka plat itu “ terjepit elastis “. Perhitungan pembebanan yang digunakan berdasar PPIUG 1983, sedangkan rumus-rumus yang dipakai berpedoman pada PBI 1971.

Tabel 2.4. Momen per meter lebardalam jalur tengah akibat beban terbagi rata

Skema	Momen per m lebar jalur	Ly/Lx						
		1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5
 I	$M_{l_x} = 0,001 q_u l_x^2 \times$	41	54	67	79	87	97	110
	$M_{l_y} = 0,001 q_u l_x^2 \times$	41	35	31	28	26	25	24

 II	$MI_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	25	34	42	49	53	58	62
	$MI_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	25	22	18	15	15	15	14
	$Mt_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	51	63	72	78	81	82	83
	$Mt_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	51	54	55	54	54	53	51
 III	$MI_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	30	41	52	61	67	72	80
	$MI_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	30	27	23	22	20	19	19
	$Mt_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	68	84	97	106	113	117	122
	$Mt_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	68	74	77	77	77	76	73
 IV	$MI_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	24	36	49	63	74	85	103
	$MI_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	33	33	32	29	27	24	21
	$Mt_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	69	85	97	105	110	112	112
 V	$MI_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	33	40	47	52	55	68	62
	$MI_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	24	20	18	17	17	17	16
	$Mt_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	69	76	80	82	83	83	83
 V <sup>A</sup>	$MI_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	31	45	58	71	81	91	106
	$MI_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	39	37	34	30	27	25	24
	$Mt_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	91	102	108	111	113	114	114
 V <sup>B</sup>	$MI_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	39	47	57	64	70	75	81
	$MI_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	31	25	23	21	20	19	19
	$Mt_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	91	98	107	113	118	120	124
 VI	$MI_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	28	37	45	50	54	58	62
	$MI_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	25	21	19	18	17	17	16
	$Mt_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	60	70	76	80	82	83	83
	$Mt_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	54	55	55	54	53	53	51
 VII <sup>A</sup>	$MI_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	14	21	27	34	40	44	52
	$MI_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	30	39	47	56	64	70	85
	$Mt_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	48	69	94	120	148	176	242
	$Mt_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	63	79	94	106	116	124	137
 VII <sup>B</sup>	$MI_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	30	33	35	37	39	40	41
	$MI_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	14	15	15	15	15	15	15
	$Mt_x = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	63	69	74	79	79	80	82
	$Mt_y = 0,001 \ q_u l_x^2 \ x$	48	48	47	47	47	46	45

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menentukan penulangan lantai adalah :

1. Menentukan tebal plat lantai (h).
2. Menghitung beban mati, beban hidup, beban berfaktor  $Q = 1,2 q_d + 1,6 q_l$
3. Menentukan momen yang bekerja.
4. Menghitung tulangan.

Dengan menggunakan d efektif :

- $d_x = h - p - \frac{1}{2} \emptyset$
- $d_y = h - p - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset$
- $\rho_b = \frac{0,85.f'_c}{f_y} \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$
- $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$
- $\rho_{\min} = \text{untuk plat lantai dipakai } 0,0025$

dengan :

- |  |  |
|--|--|
| $\emptyset$ = diameter batang (mm)       | $d_y$ = jarak tinggi efektif arah y (mm) |
| $q_d$ = beban mati (kgm)                 | $h$ = tinggi plat (mm)                   |
| $q_l$ = beban hidup (kgm)                | $\rho_b$ = rasio tulangan                |
| $d_x$ = jarak tinggi efektif arah x (mm) |  |

Menentukan tulangan :

- $M_n = \frac{M_u}{\phi}$
- $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$
- $\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$
- $\phi = 0,80$
- Jika  $\rho > \rho_{\max}$  : di pakai tulangan rangkap

- Jika  $\rho < \rho_{\text{mak}}$  : di pakai tulangan tunggal
- Jika  $\rho < \rho_{\text{min}}$  : di pakai  $\rho_{\text{min}} = 0,0025$
- $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

$M_n$	= momen nominal (Nmm)	$f'_c$	= kuat tekan beton (Mpa)
$M_u$	= momen berfaktor (Nmm)	$b$	= lebar penampang
$\phi$	= factor reduksi	$d$	= jarak kepusat tulangan tarik
$\rho$	= ratio tulangan	$f_y$	= tegangan leleh (Mpa)
$R_n$	= kuat nominal ( $\text{N/mm}^2$ )		

## 2.5 Perencanaan Balok

Langkah pertama yang perlu dilakukan untuk pendimensian balok adalah menentukan besarnya gaya-gaya dalam yang terjadi pada untuk kemudian hasil perencanaan dianalisa apakah memenuhi syarat atau tidak, adapun syarat-syarat yang dipakai adalah :

- $H = 1/10.L - 1/15.L$
- $H = 1/12.L$
- $b = 1/2.h - 2/3.h$
- $b = 0,65 \cdot h$

dimana :

$h$  = tinggi balok

$b$  = lebar balok

$L$  = panjang bentang

Untuk menentukan tulangan :

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi_t - \phi_s$$

- $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$
- $\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_b$
- $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$

Tulangan lentur

- $M_n = \frac{M_u}{\phi}$
- $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$
- $\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$
- $\phi = 0,80$
- Jika  $\rho > \rho_{\text{mak}}$  : di pakai tulangan rangkap
- Jika  $\rho < \rho_{\text{mak}}$  : di pakai tulangan tunggal
- Jika  $\rho < \rho_{\text{min}}$  : di pakai  $\rho_{\text{min}}$   $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

Tulangan Geser

$V_u$  = dari perhitungan **SAP 2000**

$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$

$\phi V_c = 0,6 V_c$

$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$  .....tanpa tul. geser

$\phi V_c < V_u < 3 \phi V_c$  ..... pakai tul. geser

$3 \phi V_c < V_u < 5 \phi V_c$  .....pakai tul. geser

$V_u > 5 \phi V_c$  ..... penampang diperbesar

$\phi V_s = V_u - \phi V_c$

$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,6}$

$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2$

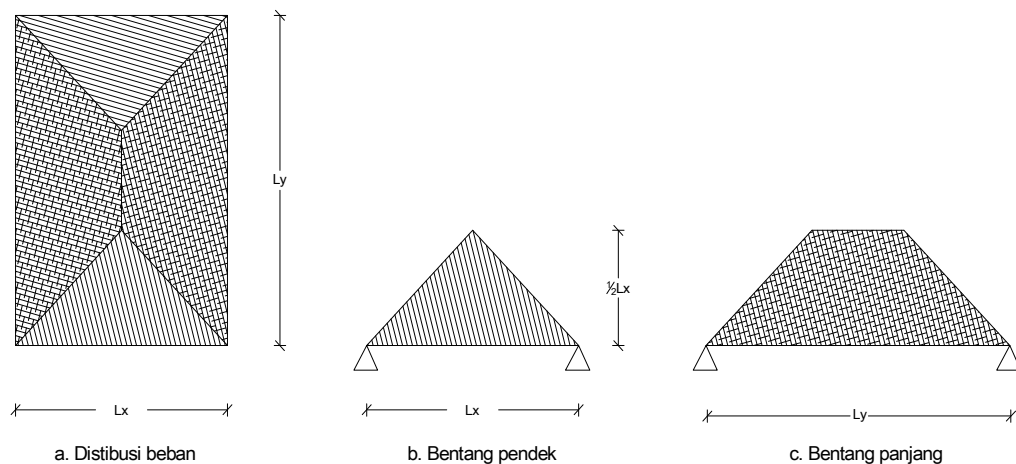
$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{s \text{ perlu}}}$

$S_{\text{max}} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$

## 2.6 Perencanaan Portal

Perhitungan Beban Equifalent Plat





Gambar 2.1 Beban yang dipikul akibat beban plat

Balok bentang pendek memikul beban segitiga, dan bentang panjang memikul beban trapesium masing-masing setinggi  $\frac{1}{2} Lx$  seperti gambar 2.1

#### ➤ Lebar Ekuvalen

Untuk beban segitiga lebar ekuvalen :  $Leq = \frac{1}{3} Lx$

Untuk beban trapesium lebar ekuvalen :  $Leq = \frac{1}{6} Lx \left\{ 3 - 4 \left( \frac{Lx}{2Ly} \right)^2 \right\}$

Momen maksimum akibat beban terbagi merata ekuvalen :  $Meq = \frac{1}{8} Leq Lx^2$

## 2.7 Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan struktur ini, pondasi yang digunakan adalah pondasi telapak (*Foot Plate*) yang termasuk pondasi dangkal. Agar pondasi tidak mengalami penurunan yang signifikan maka diperlukan daya dukung tanah yang memadai yaitu kemampuan tanah tersebut runtuh. Adapun langkah-langkah perhitungan pondasi, yaitu :

1. Menghitung daya dukung tanah
2. Menghitung daya dukung pondasi
3. Menghitung beban yang bekerja di atas pondasi
4. Menentukan minimum kedalaman pondasi

5. Mengontrol kemungkinan terjadi tegangan tanah yang melebihi tegangan yang diijinkan

$$M_u = \sigma_{\text{net}} \times \frac{b.l^2}{2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85.f'_c}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2}$$

$$V_n = V_c = \left( 1 + \frac{1}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_o.d$$

Jika  $\rho > \rho_{\text{mak}}$  : dipakai tulangan rangkap

Jika  $\rho < \rho_{\text{mak}}$  : di pakai tulangan tunggal

Jika  $\rho < \rho_{\text{min}}$  : di pakai  $\rho_{\text{min}} = 0,002$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

dengan :

$M_n$  = momen nominal (Nmm)

$M_u$  = momen berfaktor (Nmm)

$\phi$  = faktor reduksi

$\rho$  = rasio tulangan

$R_n$  = kuat nominal ( $\text{N/mm}^2$ )

$f'_c$  = kuat tekan beton (Mpa)

$b$  = lebar penampang (m)

$d$  = jarak kepusat tulangan tarik (mm)

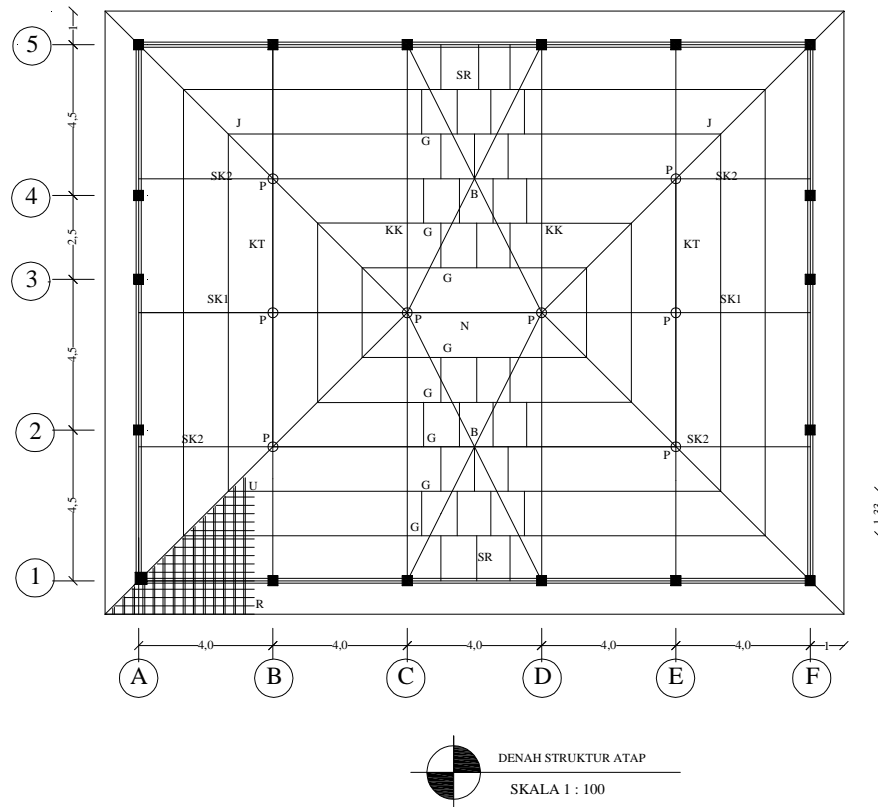
$f_y$  = tegangan leleh (Mpa)

$\sigma_{\text{net}}$  = tekanan tanah akibat beban berfaktor ( $\text{ton/m}^2$ )

## BAB 3

### PERENCANAAN ATAP

#### 3.1. Rencana Atap



Gambar 3.1 Rencana atap

Keterangan :

KK	= Kuda-kuda utama	G	= Gording
KT	= Kuda-kuda Trapesium	R	= Reng
SK1	= Setengah kuda-kuda besar	U	= Usuk
SK2	= Seperempat kuda-kuda	N	= Nok
J	= Jurai Luar	LS	= Listplank




B = Bracing

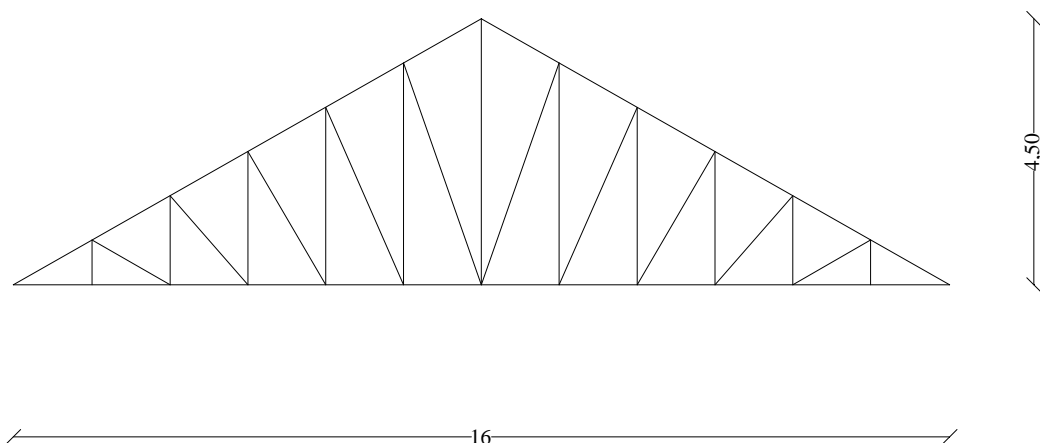
SR = Segrod

P = Pipa

### 3.1.1. Dasar Perencanaan

Secara umum data yang digunakan untuk perhitungan rencana atap adalah sebagai berikut :

- a. Bentuk rangka kuda-kuda : seperti tergambar.
- b. Jarak antar kuda-kuda : 4,00 m
- c. Kemiringan atap ( $\alpha$ ) :  $30^\circ$
- d. Bahan gording : baja profil *lip channels* (  ).
- e. Bahan rangka kuda-kuda : baja profil *double* siku sama kaki (  ).
- f. Bahan Jurai : baja profil *double lip channels* (  ).
- g. Bahan penutup atap : genteng.
- h. Alat sambung : baut-mur.
- i. Jarak antar gording : 1,5 m
- j. Bentuk atap : limasan.
- k. Mutu baja profil : Bj-37 ( $\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$ )  
( $\sigma_{Leleh} = 2400 \text{ kg/cm}^2$ )



Gambar 3.2. Rencana kuda-kuda

## 3.2. Perencanaan Gording

### 3.2.1. Perencanaan Pembebanan

Dicoba menggunakan gording dengan dimensi baja profil tipe *lip channels*/ kanal kait (  $\square$  ) 150 x 75 x 20 x 4,5 pada perencanaan kuda- kuda dengan data sebagai berikut :

- |                  |                          |          |                          |
|------------------|--------------------------|----------|--------------------------|
| a. Berat gording | = 11 kg/m.               | f. $t_s$ | = 4,5 mm                 |
| b. $I_x$         | = 489 cm <sup>4</sup> .  | g. $t_b$ | = 4,5 mm                 |
| c. $I_y$         | = 99,2 cm <sup>4</sup> . | h. $Z_x$ | = 65,2 cm <sup>3</sup> . |
| d. $h$           | = 150 mm                 | i. $Z_y$ | = 19,8 cm <sup>3</sup> . |
| e. $b$           | = 75 mm                  |          |                          |

Kemiringan atap ( $\alpha$ ) = 30°.

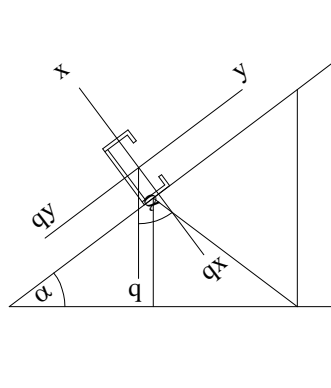
Jarak antar gording (s) = 1,5 m.

Jarak antar kuda-kuda utama (L) = 4,0 m.

Pembebanan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983, sebagai berikut :

- |                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| a. Berat penutup atap            | = 50 kg/m <sup>2</sup> . |
| b. Beban angin                   | = 25 kg/m <sup>2</sup> . |
| c. Berat hidup (pekerja)         | = 100 kg.                |
| d. Berat penggantung dan plafond | = 18 kg/m <sup>2</sup>   |

### 3.2.2. Perhitungan Pembebanan



**a. Beban mati (titik)**

$$\begin{array}{rcl} \text{Berat gording} & & = 11 \text{ kg/m} \\ \text{Berat penutup atap} & = 1,5 \times 50 \text{ kg/m} & = 75 \text{ kg/m} + \\ & & \hline q & = & 86 \text{ kg/m} \end{array}$$

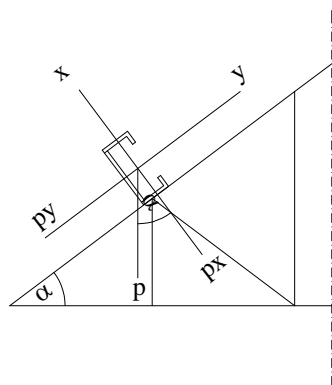
$$q_y = q \sin \alpha = 86 \times \sin 30^\circ = 43 \text{ kg/m.}$$

$$q_x = q \cos \alpha = 86 \times \cos 30^\circ = 74,48 \text{ kg/m.}$$

$$M_{x1} = \frac{1}{8} \cdot q_x \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 74,48 \times (4,0)^2 = 148,9 \text{ kgm.}$$

$$M_{y1} = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 43 \times (4,0)^2 = 86 \text{ kgm.}$$

**b. Beban hidup**



P diambil sebesar 100 kg.

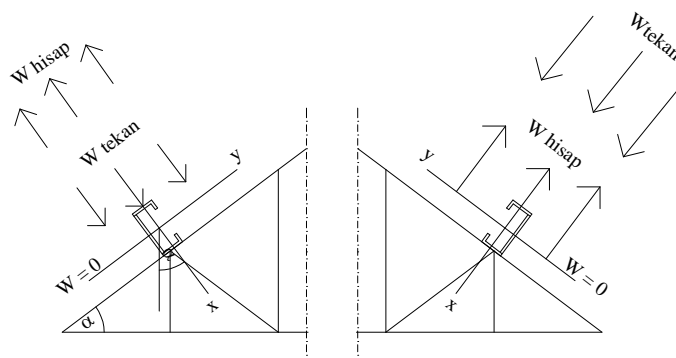
$$P_y = P \sin \alpha = 100 \times \sin 30^\circ = 50 \text{ kg.}$$

$$P_x = P \cos \alpha = 100 \times \cos 30^\circ = 86,6 \text{ kg.}$$

$$M_{x2} = \frac{1}{4} \cdot P_x \cdot L = \frac{1}{4} \times 86,6 \times 4,0 = 86,6 \text{ kgm.}$$

$$M_{y2} = \frac{1}{4} \cdot P_y \cdot L = \frac{1}{4} \times 50 \times 4,0 = 50 \text{ kgm.}$$

**c. Beban angin**



Beban angin kondisi normal, minimum =  $25 \text{ kg/m}^2$ .

Koefisien kemiringan atap ( $\alpha$ ) =  $30^\circ$ .

1) Koefisien angin tekan =  $(0,02\alpha - 0,4) = 0,2$

2) Koefisien angin hisap =  $-0,4$

Beban angin :

1) Angin tekan ( $W_1$ ) = koef. Angin tekan x beban angin x  $1/2$  x ( $s_1 + s_2$ )  
 $= 0,2 \times 25 \times \frac{1}{2} \times (1,5 + 1,5) = 7,5 \text{ kg/m}$ .

2) Angin hisap ( $W_2$ ) = koef. Angin hisap x beban angin x  $1/2$  x ( $s_1 + s_2$ )  
 $= -0,4 \times 25 \times \frac{1}{2} \times (1,5 + 1,5) = -15 \text{ kg/m}$ .

Beban yang bekerja hanya pada sumbu x, maka hanya ada harga  $M_x$  :

1)  $M_{x(\text{tekan})} = \frac{1}{8} \cdot W_1 \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 7,5 \times (4,0)^2 = 15 \text{ kgm}$ .

2)  $M_{x(\text{hisap})} = \frac{1}{8} \cdot W_2 \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times -15 \times (4,0)^2 = -30 \text{ kgm}$ .

**$M_y = 0$  ( tidak ada beban angin yang bekerja pada sumbu y )**

*Tabel 3.1. Kombinasi gaya dalam pada gording*

Momen	Beban Mati	Beban Hidup	Beban Angin		Kombinasi	
			Tekan	Hisap	Minimum	Maksimum
$M_x$	148,9	86,6	15	-30	235,5	250,5
$M_y$	86	50,0	-	-	136	136

### 3.2.3. Kontrol Terhadap Tegangan

➤ Kontrol terhadap tegangan Minimum

➤  $M_x = 235,5 \text{ kgm} = 23550 \text{ kgcm}$ .

$M_y = 136 \text{ kgm} = 13600 \text{ kgcm}$ .

$$\begin{aligned} \text{➤ } \sigma &= \sqrt{\left(\frac{M_x}{Z_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{Z_y}\right)^2} \\ \text{➤ } &= \sqrt{\left(\frac{23550}{65,2}\right)^2 + \left(\frac{13600}{19,8}\right)^2} \\ \text{➤ } &= 776,05 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

➤ Kontrol terhadap tegangan Maksimum

$$\text{➤ } M_x = 250,5 \text{ kgm} = 25050 \text{ kgcm.}$$

$$M_y = 136 \text{ kgm} = 13600 \text{ kgcm.}$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M_x}{Z_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{Z_y}\right)^2}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } &= \sqrt{\left(\frac{25050}{65,2}\right)^2 + \left(\frac{13600}{19,8}\right)^2} \\ &= 787,02 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

### 3.2.4 Kontrol Terhadap Lendutan

Di coba profil : 150 x 75 x 20 x4,5

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_x = 489 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 99,2 \text{ cm}^4$$

$$q_y = 0,430 \text{ kg/cm}$$

$$q_x = 0,7448 \text{ kg/cm}$$

$$P_y = 50 \text{ kg}$$



$$P_x = 86,6 \text{ kg}$$

$$Z_{ijin} = \frac{1}{180} \times 400 = 2,22$$


$$\begin{aligned} Z_x &= \frac{5.q_x.L^4}{384.E.I_y} + \frac{P_x.L^3}{48.E.I_y} \\ &= \frac{5.0,7448.(400)^4}{384.2,1.10^6.99,2} + \frac{86,6.400^3}{48.2,1.10^6.99,2} = 1,69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_y &= \frac{5.q_y.l^4}{384.E.I_x} + \frac{P_y.L^3}{48.E.I_x} \\ &= \frac{5.0,43.(400)^4}{384.2,1 \times 10^6.489} + \frac{50.(400)^3}{48.2,1.10^6.489} \\ &= 0,145 \end{aligned}$$

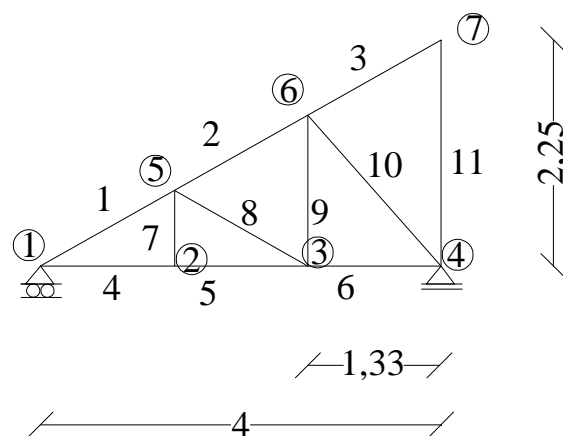
$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{Z_x^2 + Z_y^2} \\ &= \sqrt{1,69^2 + 0,145^2} = 1,70 \end{aligned}$$

$$z \leq z_{ijin}$$

$$1,70 \leq 2,22 \quad \dots\dots\dots \text{aman !}$$

Jadi, baja profil **lip channels** (  ) dengan dimensi **150 x 75 x 20 x 4,5** aman dan mampu menerima beban apabila digunakan untuk gording.

### 3.3. Perencanaan Seperempat Kuda-kuda



### Gambar 3.3. Panjang Batang Seperempat Kuda- kuda

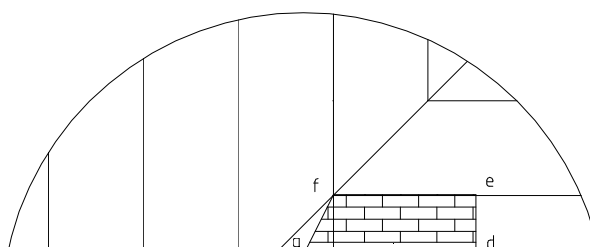
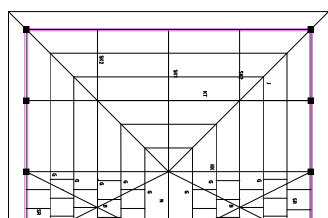
#### 3.3.1. Perhitungan Panjang Batang Seperempat Kuda-kuda

Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

**Tabel 3.2 Perhitungan panjang batang pada seperempat kuda-kuda**

Nomer Batang	Panjang Batang
1	1, 5
2	1,5
3	1,5
4	1,33
5	1,33
6	1,33
7	0,75
8	1,5
9	1,5
10	2
11	2,25

#### 3.3.2. Perhitungan luasan Seperempat Kuda-kuda



### **Gambar 3.4. Luasan Atap Seperempat Kuda-kuda**

Panjang ja = 4,50 m

Panjang ib = 3,66 m

Panjang hc = 3,0 m

Panjang gd = 2,33 m

Panjang fe = 2,0 m

Panjang ab = 1,90 m

Panjang bc = 1,5 m

Panjang cd = 1,5 m

Panjang de = 0,75 m

#### **• Luas abij**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} ab.(ja + ib) \\ &= \frac{1}{2} 1,90 \times (4,5 + 3,66) \\ &= 7,76 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### **• Luas bchi**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} bc.(ib + hc) \\ &= \frac{1}{2} 1,5 \times (3,66 + 3) \end{aligned}$$

$$= 5,0 \text{ m}^2$$

• **Luas cdgh**

$$= \frac{1}{2} cd. ( hc + gd )$$

$$= \frac{1}{2} 1,5 \times ( 3 + 2,33 )$$

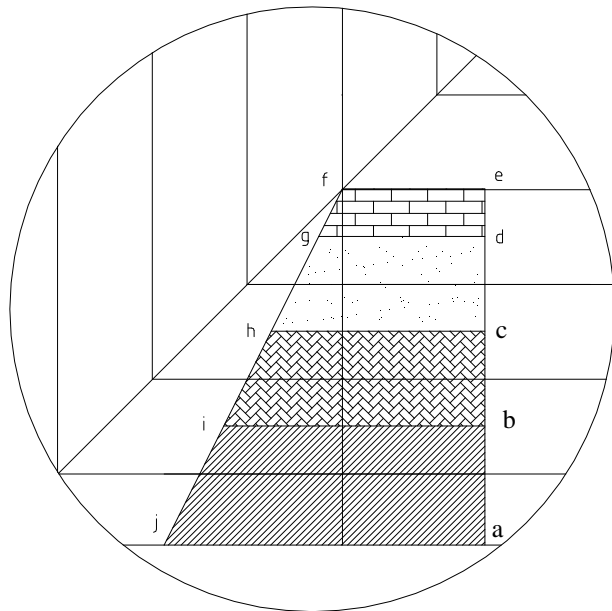
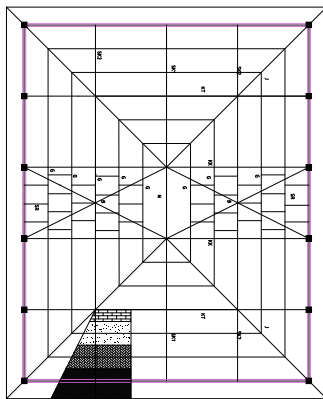
$$= 4,0 \text{ m}^2$$

• **Luas defg**

$$= \frac{1}{2} de. ( fe+ gd )$$

$$= \frac{1}{2} 0,75 \times ( 2 + 2,33 )$$

$$= 1,62 \text{ m}^2$$



**Gambar 3.5. Luasan Plafon**

Panjang ja = 4,50 m

Panjang ib = 3,66 m

Panjang hc = 3,0 m

Panjang gd = 2,33 m

Panjang fe = 2,0 m

Panjang ab = 1,67 m

Panjang bc = 1,33 m

Panjang cd = 1,33 m

Panjang de = 0,66 m

• **Luas abij**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} ab.(ja + ib) \\ &= \frac{1}{2} 1,67 \times (4,5 + 3,66) \\ &= 6,82 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

• **Luas bchi**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} bc.(ib + hc) \\ &= \frac{1}{2} 1,33 \times (3,66 + 3) \\ &= 4,43 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

• **Luas cdgh**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} cd.(hc + gd) \\ &= \frac{1}{2} 1,33 \times (3 + 2,33) \\ &= 3,55 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

• **Luas defg**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} de.(fe + gd) \\ &= \frac{1}{2} 0,66 \times (2 + 2,33) \\ &= 1,43 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

**3.3.3. Perhitungan Pembebanan Seperempat Kuda-kuda**

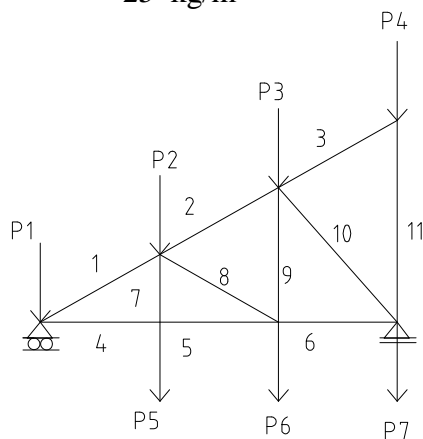
Data-data pembebanan :

Berat gording = 11 kg/m

Jarak antar kuda-kuda = 4,00 m

Berat penutup atap = 50 kg/m<sup>2</sup>

Berat profil = 25 kg/m



### **Gambar 3.6. Pembebanan Seperempat Kuda-kuda akibat beban mati**

#### **Perhitungan Beban**

##### **➤ Beban Mati**

#### **1) Beban $P_1$**

- a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
=  $11 \times 4,0 = 44 \text{ kg}$
- b) Beban atap = Luasan x Berat atap  
=  $7,76 \times 50 = 388 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (1 + 4) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
=  $\frac{1}{2} \times (1,50 + 1,33) \times 25 = 35,375 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
=  $10\% \times 35,375 = 3,54 \text{ kg}$
- f) Beban plafon = Luasan x berat plafon  
=  $6,82 \times 18 = 122,76 \text{ kg}$

#### **2) Beban $P_2$**

- a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
=  $11 \times 3.33 = 36,63 \text{ kg}$
- b) Beban atap = Luasan x berat atap  
=  $5 \times 50 = 250 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (1 + 2 + 7 + 8) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
=  $\frac{1}{2} \times (1,5 + 1,5 + 0,75 + 1,5) \times 25$   
=  $65,63 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
=  $10\% \times 65,63 = 6,56 \text{ kg}$

#### **3) Beban $P_3$**

- a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
=  $11 \times 2,67 = 29,37 \text{ kg}$
- b) Beban atap = Luasan x berat atap  
=  $4 \times 50 = 200 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (2+3+9+10) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,5 + 1,5+1,5+2) \times 25 = 81,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 81,25 = 8,13 \text{ kg} \end{aligned}$$

4) Beban  $P_4$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban gording} &= \text{Berat profil gording} \times \text{panjang gording} \\ &= 11 \times 2,0 = 22 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban atap} &= \text{Luasan} \times \text{berat atap} \\ &= 1,62 \times 50 = 81 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (3+11) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,5 + 2,25) \times 25 = 46,88 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 46,88 = 4,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

5) Beban  $P_5$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg}(4 + 5 + 7) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33 + 1,33 + 0,75) \times 25 = 42,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 42,63 = 4,26 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban plafon} &= \text{Luasan} \times \text{berat plafon} \\ &= 4,43 \times 18 = 79,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

6) Beban  $P_6$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg}(5+6+8+9) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33 + 1,33 + 1,5+1,5) \times 25 \\ &= 70,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 70,75 = 7,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban plafon} &= \text{Luasan} \times \text{berat plafon} \\ &= 3,55 \times 18 = 63,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

7) Beban  $P_7$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg}(6+10+11) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33 + 2+2,25) \times 25 \\ &= 69,75 \text{ kg} \end{aligned}$$



b) Beban plat sambung = 10% x beban kuda-kuda  
 $= 10\% \times 69,75 = 6,98 \text{ kg}$

c) Beban plafon = Luasan x berat plafon  
 $= 1,43 \times 18 = 25,74 \text{ kg}$

**Tabel 3.3 Rekapitulasi Pembebanan Seperempat Kuda-kuda**

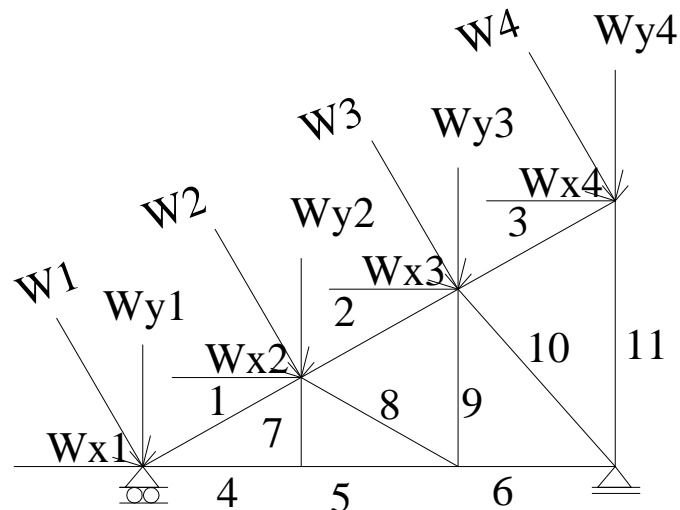
Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda - kuda (kg)	Beban Plat Penyambung (kg)	Beban Plafon (kg)	Jumlah Beban (kg)
P <sub>1</sub>	388	44	35,38	3,54	122,76	470.918
P <sub>2</sub>	250	36,63	65,63	6,65	-	358.823
P <sub>3</sub>	200	29,37	81,25	8,13	-	318.745
P <sub>4</sub>	81	22	46,88	4,69	-	154.568
P <sub>5</sub>	-	-	42,63	4,26	79,74	46.893
P <sub>6</sub>	-	-	70,75	7,08	63,19	77.825
P <sub>7</sub>	-	-	69,75	6,98	25,74	76.725

➤ **Beban Hidup**

Beban hidup yang bekerja pada P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> = 100 kg

➤ **Beban Angin**

Perhitungan beban angin :



### Gambar 3.7. Pembebanan Seperempat kuda-kuda akibat beban angin

Beban angin kondisi normal, minimum = 25 kg/m<sup>2</sup>.

1) *Koefisien angin tekan* =  $0,02\alpha - 0,40$

$$= (0,02 \times 30) - 0,40 = 0,2$$

a)  $W_1$  = luasan x koef. angin tekan x beban angin

$$= 7,14 \times 0,2 \times 25 = 35,7 \text{ kg}$$

b)  $W_2$  = luasan x koef. angin tekan x beban angin

$$= 5,0 \times 0,2 \times 25 = 25 \text{ kg}$$

c)  $W_3$  = luasan x koef. angin tekan x beban angin

$$= 4,0 \times 0,2 \times 25 = 20 \text{ kg}$$

d)  $W_4$  = luasan x koef. angin tekan x beban angin

$$= 1,62 \times 0,2 \times 25 = 8,1 \text{ kg}$$

Tabel 3.4. Perhitungan beban angin

Beban Angin	Beban (kg)	Wx <i>W.Cos α</i> (kg)	Wy <i>W.Sin α</i> (kg)
$W_1$	35,7	30,92	17,85
$W_2$	25	19,97	12,5
$W_3$	20	17,32	10

W <sub>4</sub>	8,1	7,0	4,05
----------------	-----	-----	------

**Tabel 3.5 Rekapitulasi Seluruh Pembebanan Seperempat Kuda-kuda**

beban	beban mati	beban hidup	beban angin ( kg )	
	(kg)	(kg)	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>
P1	470.918	100	30.92	17.85
P2	358.823	100	19.97	12.5
P3	318.745	100	17.32	10
P4	154.568	100	7	4.05
P5	46.893	0	0	0
P6	77.825	0	0	0
P7	76.725	0	0	0

Dari perhitungan mekanika dengan menggunakan program **SAP 2000** diperoleh gaya batang yang bekerja pada batang Seperempat kuda-kuda sebagai berikut :

*Tabel 3.6. Rekapitulasi gaya batang Seperempat kuda-kuda*

Batang	kombinasi	
	Tarik (+) ( kg )	Tekan (-) ( kg )
1		1612,8
2		802
3	7,13	
4	1379,85	
5	1379,49	
6	657,31	
7	172,92	
8		829,25
9	612,97	
10		1081,3
11		378,41

### 3.3.4 Perencanaan Profil Seperempat Kuda – Kuda

#### a. Perhitungan profil batang tarik

$$P_{\text{maks.}} = 1379,85 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{netto}} = \frac{P_{\text{maks.}}}{\sigma_{\text{ijin}}} = \frac{1379,85}{1600} = 0,86 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{bruto}} = 1,15 \cdot F_{\text{netto}} = 1,15 \cdot 0,86 \text{ cm}^2 = 0,99 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **└ 45. 45. 5**

$$F = 2 \cdot 4,30 \text{ cm}^2 = 8,60 \text{ cm}^2.$$

F = penampang profil dari tabel profil baja

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{\text{maks.}}}{0,85 \cdot F} \\ &= \frac{1379,85}{0,85 \cdot 8,60} \\ &= 188,35 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma \leq 0,75\sigma_{\text{ijin}}$$

$$188,35 \text{ kg/cm}^2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{aman !!}$$

#### b. Perhitungan profil batang tekan

$$P_{\text{maks.}} = 1612,8 \text{ kg}$$

$$lk = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$

Dicoba, menggunakan baja profil **└ 45. 45. 5**

$$i_x = 1,35 \text{ cm}$$

$$F = 2 \cdot 4,30 \text{ cm}^2 = 8,60 \text{ cm}^2.$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_x} = \frac{150}{1,35} = 111,0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_g &= \pi \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \sigma_{leleh}}} \\
 &= 3,14 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6}{0,7 \times 2400}} \\
 &= 111 \text{ cm} \\
 \lambda_s &= \frac{\lambda_2}{\lambda_g} = \frac{111}{111} \\
 &= 1,0
 \end{aligned}$$

Karena  $\lambda_s \geq 1$  .....  $\omega = 2,381 \times \lambda_s^2$

$$= 2,93$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 \sigma_1 &= \frac{P_{maks.} \cdot \omega}{F} \\
 &= \frac{1612,8 \cdot 2,93}{8,60} \\
 &= 549,477 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &\leq \sigma_{ijin} \\
 549,47 \text{ kg/cm}^2 &\leq 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{..... aman !!!}
 \end{aligned}$$

### 3.3.5. Perhitungan Alat Sambung

#### a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm ( ½ inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung ( $\delta$ ) = 0,625 . d  
 $= 0,625 \cdot 12,7 = 7,94 \text{ mm.}$

Menggunakan tebal plat 8 mm

➤ Tegangan geser yang diijinkan

Teg. Geser = 0,6 .  $\sigma$  ijin

$$= 0,6 \cdot 1600 = 960 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Tegangan tumpuan yang diijinkan

$$\text{Teg. tumpuan} = 1,5 \cdot \sigma \text{ ijin}$$

$$= 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Kekuatan baut :

$$\text{a) } P_{\text{geser}} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \tau \text{ geser}$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,27)^2 \cdot 960 = 2430,96 \text{ kg}$$

$$\text{b) } P_{\text{desak}} = \delta \cdot d \cdot \tau \text{ tumpuan}$$

$$= 0,8 \cdot 1,27 \cdot 2400 = 2438,40 \text{ kg}$$

P yang menentukan adalah  $P_{\text{geser}} = 2430,96 \text{ kg}$ .

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{1612,8}{2430,96} = 0,66 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$\text{a) } 1,5 d \leq S_1 \leq 3 d$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_1 &= 2,5 d = 2,5 \cdot 1,27 \\ &= 3,175 \text{ cm} = 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{b) } 2,5 d \leq S_2 \leq 7 d$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_2 &= 5 d = 5 \cdot 1,27 \\ &= 6,35 \text{ cm} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

## b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches )

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung ( $\delta$ ) = 0,625 . d

$$= 0,625 \times 12,7 = 7,94 \text{ mm.}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

➤ Tegangan geser yang diijinkan

$$\text{Teg. Geser} = 0,6 \cdot \sigma \text{ ijin} = 0,6 \cdot 1600$$

$$= 960 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Tegangan tumpuan yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. tumpuan} &= 1,5 \cdot \sigma \text{ ijin} = 1,5 \cdot 1600 \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

➤ Kekuatan baut :

$$\begin{aligned}\text{a) } P_{\text{geser}} &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \tau_{\text{geser}} \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (127)^2 \cdot 960 \\ &= 2430,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b) } P_{\text{desak}} &= \delta \cdot d \cdot \tau_{\text{tumpuan}} \\ &= 0,8 \cdot 1,27 \cdot 2400 \\ &= 2438,40 \text{ kg}\end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{\text{geser}} = 2430,96 \text{ kg}$ .

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{1379,85}{2430,96} = 0,57 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$\text{a) } 1,5 d \leq S_1 \leq 3 d$$

$$\begin{aligned}\text{Diambil, } S_1 &= 2,5 d = 2,5 \cdot 1,27 \\ &= 3,175 \text{ cm} \\ &= 3 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{b) } 2,5 d \leq S_2 \leq 7 d$$

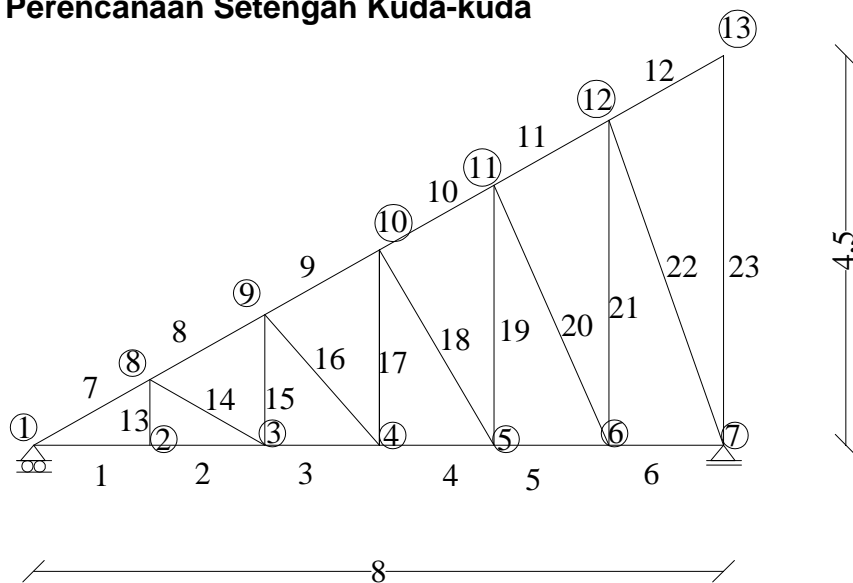
$$\begin{aligned}\text{Diambil, } S_2 &= 5 d = 5 \cdot 1,27 \\ &= 6,35 \text{ cm} \\ &= 6 \text{ cm}\end{aligned}$$

**Tabel 3.7. Rekapitulasi perencanaan profil Seperempat kuda-kuda**

Nomer Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	┐ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
2	┐ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
3	┐ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
4	┐ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
5	┐ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
6	┐ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7

7	$\perp 45.45.5$	$2 \varnothing 12,7$
8	$\perp 45.45.5$	$2 \varnothing 12,7$
9	$\perp 45.45.5$	$2 \varnothing 12,7$
10	$\perp 45.45.5$	$2 \varnothing 12,7$
11	Pipa baja $\varnothing 2''$	

### 3.4. Perencanaan Setengah Kuda-kuda



**Gambar 3.8. Panjang Batang Setengah Kuda-kuda**

#### 3.4.1. Perhitungan Panjang Batang Setengah Kuda-kuda

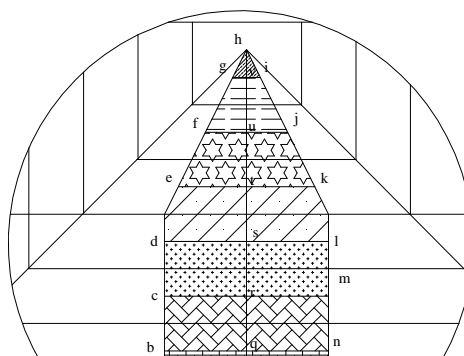
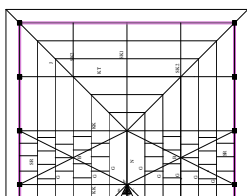


Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

**Tabel 3.8. Perhitungan panjang batang pada setengah kuda-kuda**

Nomer Batang	Panjang Batang
1	1,33
2	1,33
3	1,33
4	1,33
5	1,33
6	1,33
7	1,50
8	1,50
9	1,50
10	1,50
11	1,50
12	1,50
13	0,75
14	1,50
15	1,50
16	2,0
17	2,25
18	2,64
19	3,0
20	3,37
21	3,75
22	4,0
23	4,50

### 3.4.2. Perhitungan luasan Setengah Kuda-kuda



### **Gambar 3.9. Luasan Atap**

Panjang ab = on = 1,90 m

Panjang bc = cd = nm = ml = st = tu = uv = 1,50 m

Panjang ao = bn = cm = dl = 4m

Panjang ek = 3,33 m

Panjang fj = 2,0 m

Panjang gi = 0,67 m

Panjang vh = 0,75 m

**Luas abno**

$$\begin{aligned} &= ab \times ao \\ &= 1,90 \times 4,0 &= 7,6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

**Luas bcmn**

$$\begin{aligned} &= bc \times bn \\ &= 1,50 \times 4,0 &= 6,0 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

**Luas cdlm**

$$\begin{aligned} &= cd \times cm \\ &= 1,50 \times 4,0 &= 6,0 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

**Luas dekl**

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{1}{2} st \times dl\right) + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} st (ek + dl)\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} 1,5 \times 4\right) + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} 1,5 (3,33 + 4)\right) \\ &= 3 + 2,75 = 5,75 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

**Luas efjk**

$$= \frac{1}{2} tu(ek + fj)$$

$$= \frac{1}{2} 1,5( 3,33 + 2 )$$

$$= 3,99 \text{ m}^2$$

**Luas fgij**

$$= \frac{1}{2} uv( gi+ fj )$$

$$= \frac{1}{2} 1,5( 0,67 + 2 )$$

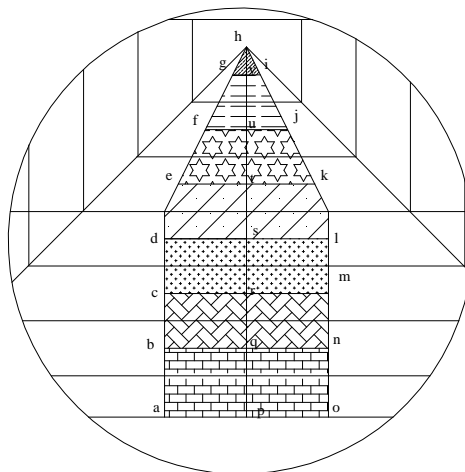
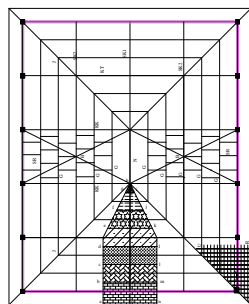
$$= 2,0 \text{ m}^2$$

**Luas ghi**

$$= \frac{1}{2} . v h . gi$$

$$= \frac{1}{2} . 0,75 . 0,67$$

$$= 0,25 \text{ m}^2$$



### **Gambar 3.10. Luasan Plafon**

Panjang ab = on = 1,67 m

Panjang bc = cd = nm = ml = st = tu = uv = 1,33 m

Panjang ao = bn = cm = dl = 4m

$$\text{Panjang ek} = 3,33 \text{ m}$$

$$\text{Panjang fj} = 2,0 \text{ m}$$

$$\text{Panjang gi} = 0,67 \text{ m}$$

$$\text{Panjang vh} = 0,67 \text{ m}$$

#### **Luas abno**

$$= ab \times ao$$

$$= 1,67 \times 4,0 = 6,68 \text{ m}^2$$

#### **Luas bcmn**

$$= bc \times bn$$

$$= 1,33 \times 4,0 = 5,32 \text{ m}^2$$

#### **Luas cdlm**

$$= cd \times cm$$

$$= 1,33 \times 4,0 = 5,32 \text{ m}^2$$

#### **Luas dekl**

$$= \left( \frac{1}{2} st \times dl \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} st ( ek + dl ) \right)$$

$$= \left( \frac{1}{2} 1,33 \times 4 \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} 1,33 ( 3,33 + 4 ) \right)$$

$$= 2,66 + 2,44 = 5,1 \text{ m}^2$$

#### **Luas efjk**

$$= \frac{1}{2} tu( ek + fj )$$

$$= \frac{1}{2} 1,33( 3,33 + 2 )$$

$$= 3,54 \text{ m}^2$$

#### **Luas fgij**

$$= \frac{1}{2} uv( gi + fj )$$

$$= \frac{1}{2} 1,33( 0,67 + 2 )$$

$$= 1,78 \text{ m}^2$$

#### **Luas ghi**

$$= \frac{1}{2} \cdot vh \cdot gi$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,67 \cdot 0,67$$

$$= 0,22 \text{ m}^2$$

### **3.4.3. Perhitungan Pembebanan Setengah Kuda-kuda**

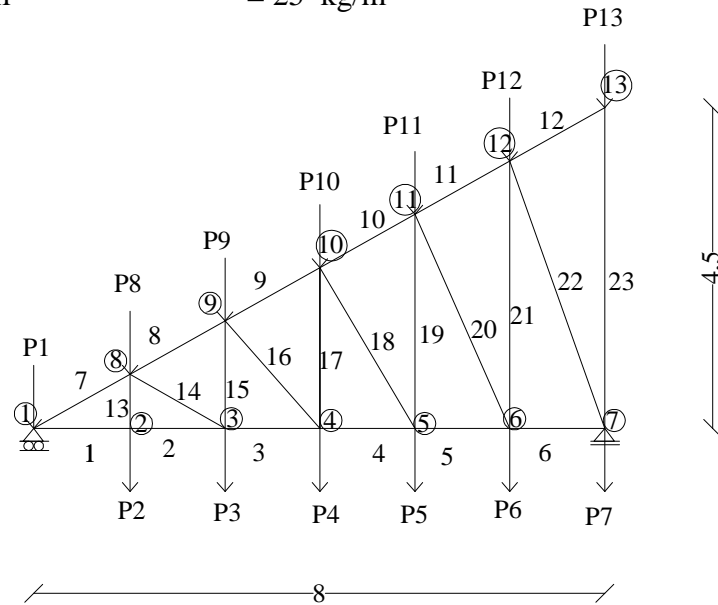
Data-data pembebanan :

Berat gording = 11 kg/m

Jarak antar kuda-kuda = 4,00 m

Berat penutup atap = 50 kg/m<sup>2</sup>

Berat profil = 25 kg/m



**Gambar 3.11. Pembebanan Setengah Kuda-kuda akibat beban mati**

#### Perhitungan Beban

##### ➤ Beban Mati

##### 1) Beban P<sub>1</sub>

- a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
= 11 x 4,0 = 44 kg
- b) Beban atap = Luasan x Berat atap  
= 7,6 x 50 = 380 kg
- c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (1 + 7) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
=  $\frac{1}{2} \times (1,33 + 1,50) \times 25 = 35,375 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung = 10% x beban kuda-kuda  
= 10% x 35,375 = 3,54 kg
- e) Beban plafon = Luasan x berat plafon

$$= 6,68 \times 18 = 120,24 \text{ kg}$$

2) Beban  $P_2$

- a) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg } (1 + 2 + 13) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,33 + 1,33 + 0,75) \times 25 = 42,625 \text{ kg}$
- b) Beban plat sambung  $= 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 42,625 = 4,26 \text{ kg}$
- c) Beban plafon  $= \text{Luasan} \times \text{berat plafon}$   
 $= 5,32 \times 18 = 95,76 \text{ kg}$

3) Beban  $P_3$

- a) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg } (2 + 3 + 14 + 15) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,33 + 1,33 + 1,5 + 1,5) \times 25 = 70,75 \text{ kg}$
- b) Beban plat sambung  $= 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 70,75 = 7,01 \text{ kg}$
- c) Beban plafon  $= \text{Luasan} \times \text{berat plafon}$   
 $= 5,32 \times 18 = 95,76 \text{ kg}$

4) Beban  $P_4$

- a) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg } (3 + 4 + 16 + 17) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,33 + 1,33 + 2 + 2,25) \times 25 = 86,37 \text{ kg}$
- b) Beban plat sambung  $= 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 86,37 = 8,637 \text{ kg}$
- c) Beban plafon  $= \text{Luasan} \times \text{berat plafon}$   
 $= 2,66 \times 18 = 47,88 \text{ kg}$

5) Beban  $P_5$

- a) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg } (4 + 5 + 18 + 19) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,33 + 1,33 + 2,64 + 3) \times 25 = 103,75 \text{ kg}$
- b) Beban plat sambung  $= 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 103,75 = 10,38 \text{ kg}$
- c) Beban plafon  $= \text{Luasan} \times \text{berat plafon}$   
 $= 3,54 \times 18 = 63,72 \text{ kg}$

6) Beban  $P_6$

- a) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg } (5+6+20+21) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+3,37+3,75) \times 25 = 122,25 \text{ kg}$
- b) Beban plat sambung  $= 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 122,25 = 12,22 \text{ kg}$
- c) Beban plafon  $= \text{Luasan} \times \text{berat plafon}$   
 $= 1,78 \times 18 = 32,04 \text{ kg}$

7) Beban  $P_7$

- a) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg } (6+22+23) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,33+3,98+4,5) \times 25 = 122,625 \text{ kg}$
- b) Beban bracing  $= 30\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30\% \times 122,625 = 36,79 \text{ kg}$
- c) Beban plat sambung  $= 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 122,625 = 12,26 \text{ kg}$
- d) Beban plafon  $= \text{Luasan} \times \text{berat plafon}$   
 $= 0,22 \times 18 = 3,96 \text{ kg}$

8) Beban  $P_8$

- a) Beban gording  $= \text{Berat profil gording} \times \text{panjang gording}$   
 $= 11 \times 4,0 = 44 \text{ kg}$
- b) Beban atap  $= \text{Luasan} \times \text{Berat atap}$   
 $= 6,0 \times 50 = 300 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg } (7+8+13+14) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,5 + 1,5 + 0,75 + 1,5) \times 25$   
 $= 65,63 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung  $= 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 65,63 = 6,56 \text{ kg}$

9) Beban  $P_9$

- a) Beban gording  $= \text{Berat profil gording} \times \text{panjang gording}$   
 $= 11 \times 4,0 = 44 \text{ kg}$
- b) Beban atap  $= \text{Luasan} \times \text{Berat atap}$   
 $= 6,0 \times 50 = 300 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg } (8+9+15+16) \times \text{berat profil kuda kuda}$

$$= \frac{1}{2} \times (1,5 + 1,5 + 1,5 + 2,0) \times 25$$

$$= 81,25 \text{ kg}$$

d) Beban plat sambung = 10% x beban kuda-kuda

$$= 10\% \times 81,25 = 8,125 \text{ kg}$$

#### 10) Beban $P_{10}$

a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording

$$= 11 \times 4 = 44 \text{ kg}$$

b) Beban atap = Luasan x Berat atap

$$= 5,75 \times 50 = 287,5 \text{ kg}$$

c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (9+10+17+18) \times \text{berat profil kuda kuda}$

$$= \frac{1}{2} \times (1,5 + 1,5 + 2,25 + 2,64) \times 25 = 98,625 \text{ kg}$$

d) Beban plat sambung = 10% x beban kuda-kuda

$$= 10\% \times 98,625 = 9,8625 \text{ kg}$$

#### 11) Beban $P_{11}$

a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording

$$= 11 \times 2,67 = 29,37 \text{ kg}$$

b) Beban atap = Luasan x Berat atap

$$= 3,99 \times 50 = 199,5 \text{ kg}$$

c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (10+11+19+20) \times \text{berat profil kuda kuda}$

$$= \frac{1}{2} \times (1,5 + 1,5 + 3 + 3,37) \times 25 = 117,125 \text{ kg}$$

d) Beban plat sambung = 10% x beban kuda-kuda

$$= 10\% \times 117,125 = 11,7 \text{ kg}$$

#### 12) Beban $P_{12}$

a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording

$$= 11 \times 1,33 = 14,63 \text{ kg}$$

b) Beban atap = Luasan x Berat atap

$$= 2,0 \times 50 = 100 \text{ kg}$$

c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (11+12+21+22) \times \text{berat profil kuda kuda}$

$$= \frac{1}{2} \times (1,5 + 1,5 + 3,75 + 3,98) \times 25 = 134,125 \text{ kg}$$

d) Beban plat sambung = 10% x beban kuda-kuda



$$= 10\% \times 134,125 = 13,4 \text{ kg}$$

13) Beban  $P_{13}$

- a) Beban atap = Luasan x Berat atap  
 $= 0,25 \times 50 = 100 \text{ kg}$
- b) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg } (12+23) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,5+4,5) \times 25 = 75 \text{ kg}$
- c) Beban bracing = 30% x beban kuda-kuda  
 $= 30\% \times 75 = 22,5 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung = 10% x beban kuda-kuda  
 $= 10\% \times 75 = 7,5 \text{ kg}$

**Tabel 3.9. Rekapitulasi Beban mati Setengah Kuda-kuda**

Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda - kuda (kg)	Beban Plat Penyambung (kg)	Beban Bracing(kg)	Beban Plafon (kg)	Jumlah Beban (kg)
$P_1$	380	44	35.375	3.54	10.6	120.24	593.755
$P_2$	0	0	42.625	4.26	0	95.76	142.645
$P_3$	0	0	71	7	0	95.76	173.52
$P_4$	0	0	86,37	8,64	0	47,88	124.61
$P_5$	0	0	103.75	10.38	0	63.72	93.15
$P_6$	0	0	122.25	12.22	0	32.04	166.51
$P_7$	0	0	122.625	12.26	36.79	3.92	175.595
$P_8$	300	44	65.63	6.56	0	0	416.19
$P_9$	300	44	81	8	0	0	433.375
$P_{10}$	287,5	44	98,625	9,86	0	0	436.96

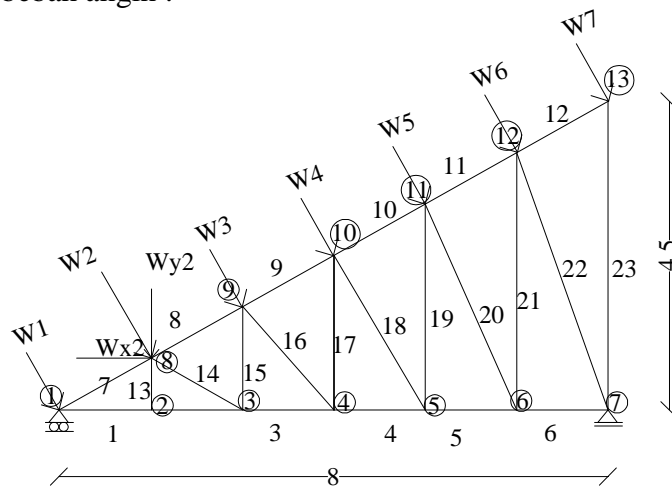
$P_{11}$	199.5	29.37	117.125	11.7	0	0	357.695
$P_{12}$	100	14.63	134.125	13.4	0	0	302.395
$P_{13}$	12.5	0	75	7.5	22.5	0	208.975

➤ **Beban Hidup**

Beban hidup yang bekerja pada  $P_1, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}, P_{12}, P_{13} = 100 \text{ kg}$

➤ **Beban Angin**

Perhitungan beban angin :



**Gambar 3.12. Pembebanan setengah kuda-kuda akibat beban angin**

Beban angin kondisi normal, minimum =  $25 \text{ kg/m}^2$ .

- **Koefisien angin tekan** =  $0,02\alpha - 0,40$

$$= (0,02 \times 30) - 0,40 = 0,2$$

- $W_1 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 7,6 \times 0,2 \times 25 = 38 \text{ kg}$
- $W_2 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 6,0 \times 0,2 \times 25 = 30 \text{ kg}$
- $W_3 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 6,0 \times 0,2 \times 25 = 30 \text{ kg}$

- d)  $W_4 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 5,75 \times 0,2 \times 25 = 28,75 \text{ kg}$
- e)  $W_5 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 3,99 \times 0,2 \times 25 = 19,95 \text{ kg}$
- f)  $W_6 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 2,0 \times 0,2 \times 25 = 10 \text{ kg}$
- g)  $W_7 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 0,25 \times 0,2 \times 25 = 1,25 \text{ kg}$

*Tabel 3.10. Perhitungan beban angin*

Beban Angin	Beban (kg)	$W_x$	$W_y$
		$W \cdot \cos \alpha$ (kg)	$W \cdot \sin \alpha$ (kg)
$W_1$	35	30,31	17,5
$W_2$	30	25,98	15
$W_3$	30	25,98	15
$W_4$	28,75	24,89	14,36
$W_5$	19,95	17,28	9,78
$W_6$	10	8,66	5
$W_7$	1.25	1,08	0,625

**Tabel 3.11. Rekapitulasi Seluruh Pembebanan Setengah Kuda-kuda**

Beban	beban mati	beban hidup	beban angin ( kg )	
	(kg)	(kg)	$W_x$	$W_y$
$P_1$	593.755	100	30,31	17,5
$P_2$	142.645	100	25,98	15
$P_3$	173.52	100	25,98	15
$P_4$	124.61	100	24,89	14,36
$P_5$	93.15	100	17,28	9,78
$P_6$	166.51	100	8,66	5

P <sub>7</sub>	175.595	100	1,08	0,625
P <sub>8</sub>	416.19	0	0	0
P <sub>9</sub>	433.375	0	0	0
P <sub>10</sub>	436.96	0	0	0
P <sub>11</sub>	357.695	0	0	0
P <sub>12</sub>	302.395	0	0	0
P <sub>13</sub>	208.975	0	0	0

Dari perhitungan mekanika dengan menggunakan program **SAP 2000** diperoleh gaya batang yang bekerja pada batang kuda-kuda utama sebagai berikut :

*Tabel 3.12. Rekapitulasi gaya batang setengah kuda-kuda*

<b>Batang</b>	<b>Kombinasi</b>	
	<b>Tarik (+) ( kg )</b>	<b>Tekan (-) ( kg )</b>
1	6671,31	
2	6276,29	
3	5759,47	
4	4756,58	
5	2799,17	
6	1231,14	
7		7689,15
8		6664,34
9		5538,36
10		3312,62
11		1526,32
12	4,45	
13	614,38	
14		1052
15	1199,65	
16		1510,16
17	1822,73	

18		3838,89
19	3898,21	
20		3861,84
21	4005,22	
22		4002,6
23		464,33

### 3.4.4. Perencanaan Profil Setengah Kuda- kuda

#### a. Perhitungan profil batang tarik

$$P_{maks.} = 6676,29 \text{ kg}$$

$$\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{netto} = \frac{P_{maks.}}{\sigma_{ijin}} = \frac{6676,29}{1600} = 4,17 \text{ cm}^2$$

$$F_{bruto} = 1,15 \cdot F_{netto} = 1,15 \cdot 4,17 \text{ cm}^2 = 4,76 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **└ 50 . 50 . 5**

$$F = 2 \cdot 4,80 \text{ cm}^2 = 9,6 \text{ cm}^2.$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P_{maks.}}{0,85 \cdot F} \\ &= \frac{6676,29}{0,85 \cdot 9,6} \\ &= 591,13 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma \leq 0,75\sigma_{ijin}$$

$$591,13 \text{ kg/cm}^2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{aman !!}$$

#### b. Perhitungan profil batang tekan

$$P_{maks.} = 7689,15 \text{ kg}$$

$$lk = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$

Dicoba, menggunakan baja profil **└ 60.60.6**

$$i_x = 1,82 \text{ cm}$$

$$F = 2 \cdot 6,91 \text{ cm}^2 = 13,82 \text{ cm}^2.$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_x} = \frac{150}{1,82} = 82,41 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\lambda_g &= \pi \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \sigma_{leleh}}} \\ &= 3,14 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6}{0,7 \times 2400}} \\ &= 111 \text{ cm} \\ \lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{82,42}{111} \\ &= 0,74\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{karena } 0,183 < \lambda_s < 1 \text{ maka } \dots \omega &= \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s} \\ &= 1,67\end{aligned}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{maks.} \cdot \omega}{F} \\ &= \frac{7689,15 \cdot 1,67}{13,82} \\ &= 929,15 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma \leq \sigma_{ijin}$$

$$929,15 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{aman !!!}$$

### 3.4.5. Perhitungan Alat Sambung

#### a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm ( ½ inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung ( $\delta$ ) = 0,625 . d

$$= 0,625 \cdot 12,7 = 7,94 \text{ mm.}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

- Tegangan geser yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. Geser} &= 0,6 \cdot \sigma \text{ ijin} \\ &= 0,6 \cdot 1600 = 960 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Tegangan tumpuan yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. tumpuan} &= 1,5 \cdot \sigma \text{ ijin} \\ &= 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Kekuatan baut :

$$\begin{aligned}\text{a) } P_{\text{geser}} &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \tau_{\text{geser}} \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,27)^2 \cdot 960 = 2430,96 \text{ kg} \\ \text{b) } P_{\text{desak}} &= \delta \cdot d \cdot \tau_{\text{tumpuan}} \\ &= 0,9 \cdot 1,27 \cdot 2400 = 2743,20 \text{ kg}\end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{\text{geser}} = 2430,96 \text{ kg}$ .

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{7689,15}{2430,96} = 3,16 \sim 4 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 4buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$\text{a) } 1,5 d \leq S_1 \leq 3 d$$

$$\begin{aligned}\text{Diambil, } S_1 &= 1,73 d = 1,73 \cdot 1,27 \\ &= 2,197 \text{ cm} = 2 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{b) } 2,5 d \leq S_2 \leq 7 d$$

$$\begin{aligned}\text{Diambil, } S_2 &= 5 d = 5 \cdot 1,27 \\ &= 6,35 \text{ cm} = 6 \text{ cm}\end{aligned}$$

## **b. Batang tarik**

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches )

Diameter lubang = 13,7 mm.

$$\begin{aligned}\text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d \\ &= 0,625 \times 12,7 = 7,94 \text{ mm.}\end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

- Tegangan geser yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. Geser} &= 0,6 \cdot \sigma \text{ ijin} = 0,6 \cdot 1600 \\ &= 960 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

➤ Tegangan tumpuan yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. tumpuan} &= 1,5 \cdot \sigma \text{ ijin} = 1,5 \cdot 1600 \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

➤ Kekuatan baut :

$$\begin{aligned}\text{a) } P_{\text{geser}} &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \tau \text{ geser} \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (127)^2 \cdot 960 \\ &= 2430,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b) } P_{\text{desak}} &= \delta \cdot d \cdot \tau \text{ tumpuan} \\ &= 0,9 \cdot 1,27 \cdot 2400 \\ &= 2473,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{\text{geser}} = 2430,96 \text{ kg}$ .

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{6676,29}{2430,96} = 2,75 \sim 3 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 3 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$\text{a) } 1,5 d \leq S_1 \leq 3 d$$

$$\begin{aligned}\text{Diambil, } S_1 &= 2,5 d = 2,5 \cdot 1,27 \\ &= 3,175 \text{ cm} \\ &= 3 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{b) } 2,5 d \leq S_2 \leq 7 d$$

$$\begin{aligned}\text{Diambil, } S_2 &= 5 d = 5 \cdot 1,27 \\ &= 6,35 \text{ cm} \\ &= 6 \text{ cm}\end{aligned}$$

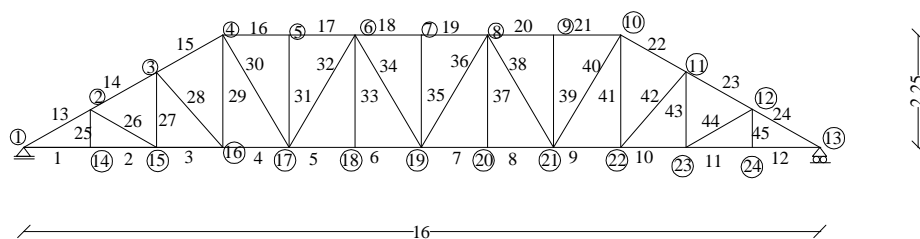
**Tabel 3.13. Rekapitulasi perencanaan profil setengah kuda-kuda**

Nomer Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
--------------	----------------	-----------



1	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
2	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
3	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
4	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
5	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
6	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
7	┐ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
8	┐ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
9	┐ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
10	┐ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
11	┐ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
12	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
13	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
14	┐ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
15	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
16	┐ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
17	Pipa baja Ø 2"	
18	┐ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
19	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
20	┐ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
21	┐ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
22	┐ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
23	Pipa baja Ø 3"	

### 3.5. Perencanaan Kuda-kuda Trapesium



**Gambar 3.13. Kuda-kuda Trapesium**

### 3.5.1. Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda Trapesium

Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

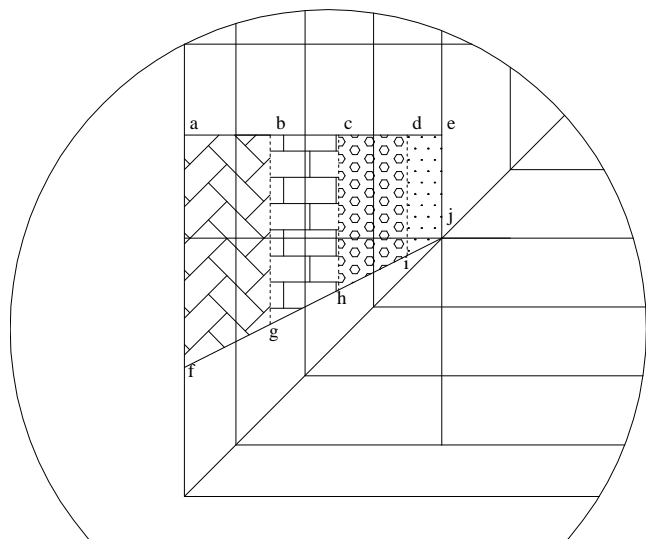
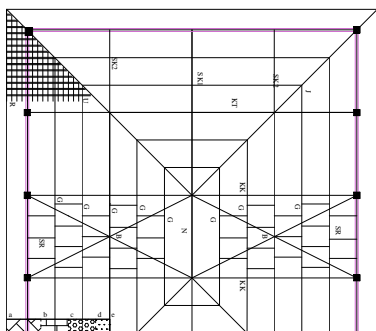
**Tabel 3.14. Perhitungan panjang batang pada kuda-kuda trapesium**

Nomer Batang	Panjang Batang (m)
1	1,33
2	1,33
3	1,33
4	1,33
5	1,33
6	1,33
7	1,33
8	1,33
9	1,33
10	1,33
11	1,33
12	1,33
13	1,50
14	1,50
15	1,50
16	1,33
17	1,33
18	1,33
19	1,33
20	1,33
21	1,33
22	1,50
23	1,50
24	1,50
25	0,75
26	1,50
27	1,50
28	2,0
29	2,25
30	2,60
31	2,25
32	2,60
33	2,25
34	2,60
35	2,25
36	2,60

37	2,25
38	2,60
39	2,25
40	2,60
41	2,25
42	2,0
43	1,50
44	1,50
45	0,75

### 3.5.2. Perhitungan luasan kuda-kuda trapesium

#### A. Luas atap



### **Gambar 3.14. Luasan Atap Kuda-kuda Trapesium**

Panjang ab	= 1,90 m
Panjang bc	= 1,50 m
Panjang cd	= 1,50 m
Panjang de	= 0,75 m
Panjang af	= 4,5 m
Panjang bg	= 3,67 m
Panjang ch	= 3,0 m
Panjang di	= 2,34 m
Panjang ej	= 2,0 m

- **Luas abfg**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} ab ( af + bg ) \\ &= \frac{1}{2} 1,90 ( 4,5 + 3,67 ) \\ &= 7,76 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- **Luas bcgh**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} bc ( ch + bg ) \\ &= \frac{1}{2} 1,50 ( 3,0 + 3,67 ) \\ &= 5,00 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- **Luas cdhi**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} cd ( ch + di ) \\ &= \frac{1}{2} 1,50 ( 3,0 + 2,34 ) \\ &= 4,00 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- **Luas deij**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} d e ( e j + d i ) \\
 &= \frac{1}{2} 0,75 ( 2 + 2,34 ) \\
 &= 1,63 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

## B. Luas Plafon

### Gambar 3.15. Luasan Plafon kuda-kuda Trapesium

Panjang ab	= 1,67m
Panjang bc	= 1,33 m
Panjang cd	= 1,33 m
Panjang de	= 0,6,7 m
Panjang af	= 4,5 m
Panjang bg	= 3,67 m
Panjang ch	= 3,0 m
Panjang di	= 2,34 m
Panjang ej	= 2,0 m

#### • Luas abfg

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} a b ( a f + b g ) \\
 &= \frac{1}{2} 1,67 ( 4,5 + 3,67 ) \\
 &= 6,82 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- **Luas bcgh**

$$= \frac{1}{2} bc (ch + bg)$$

$$= \frac{1}{2} 1,33 (3,0 + 3,67)$$

$$= 4,43 \text{ m}^2$$

- **Luas cdhi**

$$= \frac{1}{2} cd (ch + di)$$

$$= \frac{1}{2} 1,33 (3,0 + 2,34)$$

$$= 3,55 \text{ m}^2$$

- **Luas deij**

$$= \frac{1}{2} de (ej + di)$$

$$= \frac{1}{2} 0,67 (2 + 2,34)$$

$$= 1,45 \text{ m}^2$$

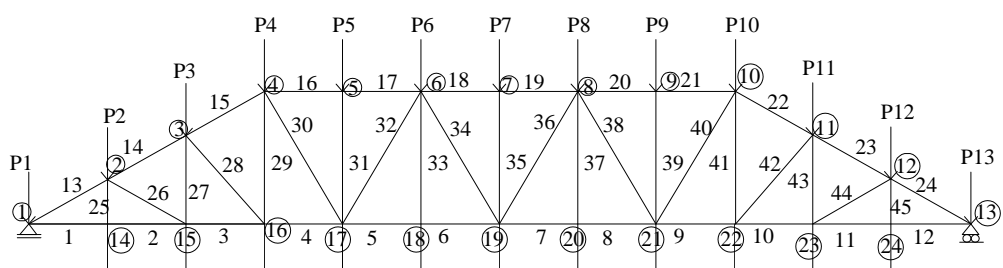
### 3.5.3. Perhitungan Pembebanan kuda-kuda trapesium

Data-data pembebanan :

Berat gording = 11 kg/m

Berat penutup atap = 50 kg/m<sup>2</sup>

Berat profil = 25 kg/m



### **Gambar 3.16. Pembebanan kuda-kuda trapesium akibat beban mati**

#### **a. Perhitungan Beban**

##### **➤ Beban Mati**

1) Beban  $P_1 = P_{13}$

- a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording  
=  $11 \times 4 = 44 \text{ kg}$
- b) Beban atap = Luasan x Berat atap  
=  $7,76 \times 50 = 388 \text{ kg}$
- c) Beban plafon = Luasan x berat plafon  
=  $6,82 \times 18 = 122,76 \text{ kg}$
- d) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (1 + 13) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
=  $\frac{1}{2} \times (1,33+1,33) \times 25 = 33,25 \text{ kg}$
- e) Beban bracing =  $30\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
=  $30\% \times 33,25 = 9,98 \text{ kg}$
- f) Beban plat sambung =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
=  $10\% \times 33,25 = 3,3 \text{ kg}$

2) Beban  $P_2 = P_{12}$

- a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording  
=  $11 \times 3,33 = 36,63 \text{ kg}$
- b) Beban atap = Luasan x berat atap  
=  $5 \times 50 = 250 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 \text{c) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (13+14+25+26) \times \text{berat profil kuda kuda} \\
 &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+0,75+1,5) \times 25 \\
 &= 61,375 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\
 &= 10\% \times 61,375 = 6,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3) Beban  $P_3 = P_{11}$

$$\begin{aligned}
 \text{a. Beban gording} &= \text{Berat profil gording} \times \text{Panjang Gording} \\
 &= 11 \times 2,66 = 29,26 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Beban atap} &= \text{Luasan} \times \text{berat atap} \\
 &= 4 \times 50 = 200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (14+15+27+28) \times \text{berat profil kuda kuda} \\
 &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+1,5+2) \times 25 = 77 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\
 &= 10\% \times 77 = 7,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4) Beban  $P_4 = P_{10}$

$$\begin{aligned}
 \text{a. Beban gording} &= \text{Berat profil gording} \times \text{Panjang Gording} \\
 &= 11 \times 2 = 22 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Beban atap} &= \text{Luasan} \times \text{berat atap} \\
 &= 1,63 \times 50 = 81,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (15+16+29+30) \times \text{berat profil kuda kuda} \\
 &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+2,25+2,6) \times 25 = 93,875 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\
 &= 10\% \times 93,875 = 9,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{e. Reaksi } \frac{1}{4} \text{ kuda-kuda} = 866 \text{ kg}$$

5) Beban  $P_5 = P_7 = P_9$

$$\begin{aligned}
 \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (16+17+31) \times \text{berat profil kuda kuda} \\
 &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+2,25) \times 25 = 61,375 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\
 &= 10\% \times 61,375 = 6,14 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



6) Beban  $P_6 = P_8$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg}(17+18+32+34) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+2,6+2,6) \times 25 \\ &= 98,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 98,25 = 9,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

7) Beban  $P_{14} = P_{24}$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg}(1+2+25) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+0,75) \times 25 \\ &= 46,625 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 46,625 = 4,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban plafon} &= \text{Luasan} \times \text{berat plafon} \\ &= 4,43 \times 18 = 79,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

8) Beban  $P_{15} = P_{23}$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg}(2+3+26+27) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+1,5+1,5) \times 25 \\ &= 70,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 70,75 = 7,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban plafon} &= \text{Luasan} \times \text{berat plafon} \\ &= 3,55 \times 18 = 63,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

9) Beban  $P_{16} = P_{22}$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg}(3+4+28+29) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+2+2,25) \times 25 \\ &= 86,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 86,38 = 8,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban plafon} &= \text{Luasan} \times \text{berat plafon} \\ &= 1,45 \times 18 = 26,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

10) Beban  $P_{17} = P_{21}$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg}(4+5+30+31+32) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+2,6+2,25+2,6) \times 25 \\ &= 126,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 126,38 = 12,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

11) Beban  $P_{18} = P_{20}$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg}(5+6+33) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+2,25) \times 25 \\ &= 61,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 61,38 = 6,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

12) Beban  $P_{19}$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg}(4+5+30+31+32) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+2,6+2,25+2,6) \times 25 \\ &= 126,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban bracing} &= 30\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 30\% \times 126,38 = 37,92 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 126,38 = 12,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Tabel 3.15. Rekapitulasi Beban Mati Kuda-kuda Trapesium**

Beban	Beban Atap	Beban gording	Beban Kuda - kuda	Beban Plat Penyambung	beban bracing	Beban Plafon	Jumlah Beban
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
P1=P13	388	44	33.25	3.3	9.98	122.76	601.29

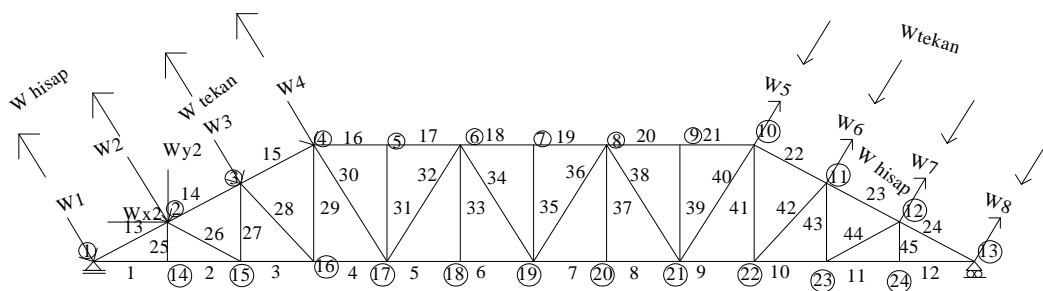
P2=P12	250	36.63	61	6.1	0	0	354.10 5
P3=P11	200	29.26	77	7.7	0	0	313.96
P4=P10	81.5	22	94	9.4	0	0	1072,7 8
P5=P7=P9	0	0	61	6.14	0	0	67.515
P6=P8	0	0	98.25	9.8	0	0	108.05
P14=P24	0	0	47	4.66	0	79.74	131.02 5
P15=P23	0	0	70.75	7.1	0	63.9	141.75
P16=P22	0	0	86.38	8.64	0	26.1	121.12
P17=P21	0	0	126.3 8	12.4	0	0	138.78
P18=P20	0	0	61.38	6.14	0	0	67.52
P19	0	0	126.3 8	12.4	37.92	0	176.7

#### ➤ **Beban Hidup**

Beban hidup yang bekerja pada P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>12</sub>, P<sub>13</sub> = 100 kg

#### ➤ **Beban Angin**

Perhitungan beban angin :



**Gambar 3.17. Pembebanan kuda-kuda akibat beban angin**

Beban angin kondisi normal, minimum = 25 kg/m<sup>2</sup>.

$$\text{Koefisien angin tekan} = 0,02\alpha - 0,40$$

$$= (0,02 \times 30) - 0,40 = 0,2$$

- a)  $W_1 = W_8 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 7,76 \times 0,2 \times 25$   
 $= 38,8 \text{ kg}$
- b)  $W_2 = W_7 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 5 \times 0,2 \times 25$   
 $= 25 \text{ kg}$
- c)  $W_3 = W_6 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 4 \times 0,2 \times 25$   
 $= 20 \text{ kg}$
- d)  $W_4 = W_5 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 1,63 \times 0,2 \times 25$   
 $= 8,15 \text{ kg}$

***Koefisien angin hisap = - 0,40***

- e)  $W_1 = W_8 = \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin}$   
 $= 7,76 \times -0,4 \times 25$   
 $= -77,6 \text{ kg}$
- f)  $W_2 = W_7 = \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin}$   
 $= 5 \times -0,4 \times 25$   
 $= -50 \text{ kg}$
- g)  $W_3 = W_6 = \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin}$   
 $= 4 \times -0,4 \times 25$   
 $= -40 \text{ kg}$
- h)  $W_4 = W_5 = \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin}$   
 $= 1,63 \times -0,4 \times 25$   
 $= -16,3 \text{ kg}$

*Tabel 3.16. Perhitungan beban angin*

Beban	Beban angin	Beban angin	Wx tekan	Wy tekan	Wx hisap	Wy hisap
-------	----------------	----------------	----------	-------------	----------	-------------

	tekan (kg)	hisap (kg)	$W.Cos \alpha$ (kg)	$W.Sin \alpha$ (kg)	$W.Cos \alpha$ (kg)	$W.Sin \alpha$ (kg)
W1	38,8	0	33,60	19,4	0	0
W2	25	0	21.65	12.5	0	0
W3	20	0	17.32	10	0	0
W4	8	0	7.0579	4.075	0	0
W5	0	-16	0	0	-14.1158	-8.15
W6	0	-40	0	0	-34.64	-20
W7	0	-50	0	0	-43.3	-25
W8	0	-77.6	0	0	-67,2	-38,8

**Tabel 3.17. Rekapitulasi seluruh Pembebanan Kuda-kuda Trapesium**

Beban	beban mati	beban hidup	beban angin ( kg )	
	(kg)	(kg)	Wx	Wy
P <sub>1</sub>	601,29	100	33,60	19,4
P <sub>2</sub>	354.105	100	21.65	12.5
P <sub>3</sub>	313.96	100	17.32	10
P <sub>4</sub>	206.775	100	7.0579	4.075
P <sub>5</sub>	67.515	0	0	0
P <sub>6</sub>	108.05	0	0	0
P <sub>7</sub>	67.515	0	0	0
P <sub>8</sub>	108.05	0	0	0
P <sub>9</sub>	67.515	0	0	0
P <sub>10</sub>	206.775	100	-14.1158	-8.15
P <sub>11</sub>	313.96	100	-34.64	-20
P <sub>12</sub>	354.105	100	-43.3	-25
P <sub>13</sub>	601,29	100	-67,2	-38,8
P <sub>14</sub>	131.025	0	0	0
P <sub>15</sub>	141.75	0	0	0
P <sub>16</sub>	121.12	0	0	0
P <sub>17</sub>	138.78	0	0	0
P <sub>18</sub>	67.52	0	0	0
P <sub>19</sub>	176.7	0	0	0
P <sub>20</sub>	67.52	0	0	0

P <sub>21</sub>	138.78	0	0	0
P <sub>22</sub>	121.12	0	0	0
P <sub>23</sub>	141.75	0	0	0
P <sub>24</sub>	131.025	0	0	0

Dari perhitungan mekanika dengan menggunakan program **SAP 2000** diperoleh gaya batang yang bekerja pada batang jurai sebagai berikut :

*Tabel 3.18. Rekapitulasi gaya batang Kuda-kuda Trapesium*

Batang	kombinasi	
	Tarik (+) ( kg )	Tekan (-) ( kg )
1	8461,79	
2	9462,69	
3	9746,39	
4	9025,16	
5	8788,17	
6	8788,24	
7	9767,34	
8	7767,27	
9	6962,38	
10	8637,99	
11	9302,34	
12	8301,34	
13		10303,35
14		9497,74
15		8685,11
16		8576,75
17		8578,18
18		8947,39
19		8947,36

20		8536,31
21		8534,84
22		8632,55
23		9440,55
24		8245,88
25	1174,41	
26		1821,06
27	2614,2	
28		3088
29	2003,49	
30	1660,43	
31		927,95
32		1247,44
33	113,91	
34	790,64	
35		131,48
36	231,56	
37	113,94	
38		588,51
39		127.9
40	1001.33	
41	952.36	
42		1019.44
43	584.88	
44		761.53
45	174.68	

#### 3.5.4. Perencanaan Profil Kuda-kuda Trapesium

##### a. Perhitungan profil batang tarik

$$P_{maks.} = 9767,34\text{kg}$$

$$\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{netto} = \frac{P_{maks.}}{\sigma_{ijin}} = \frac{9767,34}{1600} = 6,10 \text{ cm}^2$$

$$F_{bruto} = 1,15 \cdot F_{netto} = 1,15 \cdot 6,10 \text{ cm}^2 = 7,02 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **┘ 50. 50. 5**

$$F = 2 \cdot 4,80 \text{ cm}^2 = 9,60 \text{ cm}^2.$$

F = penampang profil dari tabel profil baja

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P_{maks.}}{0,85 \cdot F} \\ &= \frac{9767,34}{0,85 \cdot 9,60} \\ &= 1196,9 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma \leq 0,75\sigma_{ijin}$$

$$1196,9 \text{ kg/cm}^2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{aman !!}$$

#### **b. Perhitungan profil batang tekan**

$$P_{maks.} = 10303,35 \text{ kg}$$

$$lk = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$

Dicoba, menggunakan baja profil **┘ 60 . 60 . 6**

$$i_x = 1,82 \text{ cm}$$

$$F = 2 \cdot 6,91 = 13,82 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_x} = \frac{150}{1,82} = 85,42 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \lambda_g &= \pi \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \sigma_{leleh}}} \quad \dots\dots \text{dimana, } \sigma_{leleh} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 111 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{85,42}{111} \\ &= 0,74 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Karena } 0,183 < \lambda_s < 1 \quad \dots\dots\dots \omega &= \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s} \\
 &= \frac{1,41}{1,593 - 0,74} \\
 &= 1,65
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{P_{\text{maks.}} \cdot \omega}{F} \\
 &= \frac{10303,35 \cdot 1,65}{13,82} \\
 &= 1230,14 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma &\leq 0,75\sigma_{\text{ijin}} \\
 1230,14 &\leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{aman !!}
 \end{aligned}$$

### c. Perhitungan profil baja pipa

Terdapat pada batang 11 ( ¼ kuda-kuda), 17 (½ kuda-kuda) dan batang 29, 35, 41 (kuda-kuda trapesium)

#### - Sebagai batang tarik

$$P_{\text{maks.}} = 1822,73 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{netto}} = \frac{P_{\text{maks.}}}{\sigma_{\text{ijin}}} = \frac{1822,73}{1600} = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{bruto}} = 1,15 \cdot F_{\text{netto}} = 1,15 \cdot 1,13 \text{ cm}^2 = 1,3 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja pipa 2“ tebal 2,3 mm

$$F = 3,35 \text{ cm}^2.$$

F = penampang profil dari tabel profil baja

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{\text{maks.}}}{0,85 \cdot F} \\ &= \frac{1822,73}{0,85 \cdot 3,35} \\ &= 640,12 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma \leq 0,75\sigma_{\text{ijin}}$$

$$640,12 \text{ kg/cm}^2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{aman !!}$$

#### - Sebagai batang tekan

$$P_{\text{maks.}} = 378,41 \text{ kg}$$

$$lk = 2,25 \text{ m} = 225 \text{ cm}$$

Dicoba, menggunakan baja pipa 2" tebal 2,3 mm

$$i_x = 1,64 \text{ cm}$$

$$F = 3,35 \text{ cm}^2.$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_x} = \frac{225}{1,64} = 137,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\lambda_g &= \pi \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \sigma_{\text{leleh}}}} \quad \dots\dots \text{dimana, } \sigma_{\text{leleh}} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 111 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{137,2}{111} \\ &= 1,23\end{aligned}$$

$$\text{Karena } \lambda_s \geq 1 \quad \dots\dots \omega = 2,381 \times \lambda_s^2$$

$$= 3,6$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{\text{maks.}} \cdot \omega}{F} \\ &= \frac{378,41 \cdot 3,6}{3,35} \\ &= 406,2 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma \leq \sigma_{\text{ijin}}$$

$$406,2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{aman !!}$$

#### 3.5.5. Perhitungan Alat Sambung

#### a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

$$\begin{aligned}\text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d \\ &= 0,625 \cdot 12,7 = 7,94 \text{ mm.}\end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

➤ Tegangan geser yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. Geser} &= 0,6 \cdot \sigma_{\text{ijin}} \\ &= 0,6 \cdot 1600 = 960 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

➤ Tegangan tumpuan yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. tumpuan} &= 1,5 \cdot \sigma_{\text{ijin}} \\ &= 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

➤ Kekuatan baut :

$$\begin{aligned}\text{a) } P_{\text{geser}} &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \tau_{\text{geser}} \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,27)^2 \cdot 960 = 2430,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b) } P_{\text{desak}} &= \delta \cdot d \cdot \tau_{\text{tumpuan}} \\ &= 0,9 \cdot 1,27 \cdot 2400 = 2743,20 \text{ kg}\end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{\text{geser}} = 2430,96 \text{ kg}$ .

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{10303,35}{2430,96} = 4,00 \sim 4 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 4 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$\text{b) } 1,5 d \leq S_1 \leq 3 d$$

$$\begin{aligned}\text{Diambil, } S_1 &= 1,73 d = 1,73 \cdot 1,27 \\ &= 2,197 \text{ cm} = 2 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{c) } 2,5 d \leq S_2 \leq 7 d$$

$$\begin{aligned}\text{Diambil, } S_2 &= 5 d = 5 \cdot 1,27 \\ &= 6,35 \text{ cm} = 6 \text{ cm}\end{aligned}$$

## b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches )

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung ( $\delta$ ) = 0,625 . d

$$= 0,625 \times 12,7 = 7,94 \text{ mm.}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

➤ Tegangan geser yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. Geser} &= 0,6 \cdot \sigma_{\text{ijin}} = 0,6 \cdot 1600 \\ &= 960 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

➤ Tegangan tumpuan yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. tumpuan} &= 1,5 \cdot \sigma_{\text{ijin}} = 1,5 \cdot 1600 \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

➤ Kekuatan baut :

$$\begin{aligned}\text{a) } P_{\text{geser}} &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \tau_{\text{geser}} \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12,7)^2 \cdot 960 \\ &= 2430,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b) } P_{\text{desak}} &= \delta \cdot d \cdot \tau_{\text{tumpuan}} \\ &= 0,9 \cdot 1,27 \cdot 2400 \\ &= 2473,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{\text{geser}} = 2430,96 \text{ kg}$ .

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{9767,34}{2430,96} = 3,96 \sim 4 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 5 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$\text{a) } 1,5 d \leq S_1 \leq 3 d$$

$$\begin{aligned}\text{Diambil, } S_1 &= 2,5 d = 2,5 \cdot 1,27 \\ &= 3,175 \text{ cm} \\ &= 3 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$b) \ 2,5 d \leq S_2 \leq 7 d$$

$$\text{Diambil, } S_2 = 5 d = 5 \cdot 1,27$$

$$= 6,35 \text{ cm}$$

$$= 6 \text{ cm}$$

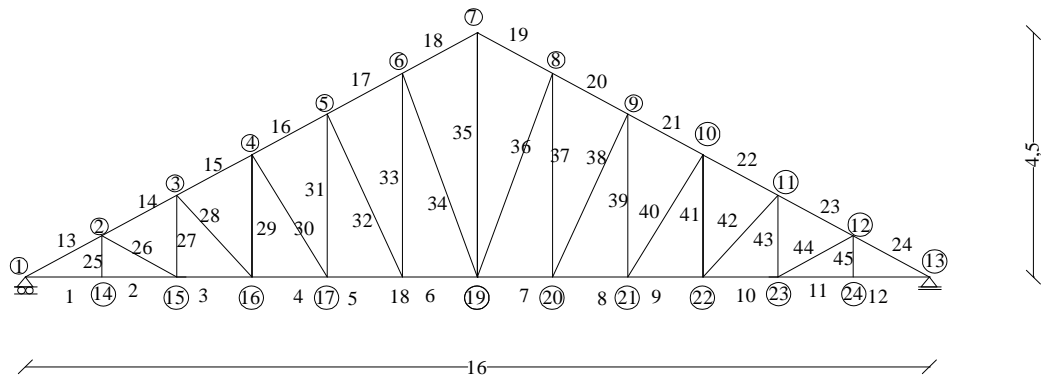
**Tabel 3.19. Rekapitulasi perencanaan profil kuda-kuda trapesium**

<b>Nomer Batang</b>	<b>Dimensi Profil</b>	<b>Baut (mm)</b>
1	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
2	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
3	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
4	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
5	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
6	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
7	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
8	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
9	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
10	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
11	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
12	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
13	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
14	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
15	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
16	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
17	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
18	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
19	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
20	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
21	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
22	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
23	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
24	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
25	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
26	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
27	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
28	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
29	Pipa baja Ø 2"	
30	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
31	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
32	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7

33	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
34	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
35	Pipa baja Ø 2"	
36	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
37	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
38	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
39	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
40	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
41	Pipa baja Ø 2"	
42	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
43	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
44	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
45	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7

### 3.6. Perencanaan Kuda-kuda Utama (KK)

#### 3.6.1 Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda



Gambar 3.18 Panjang batang kuda-kuda

Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

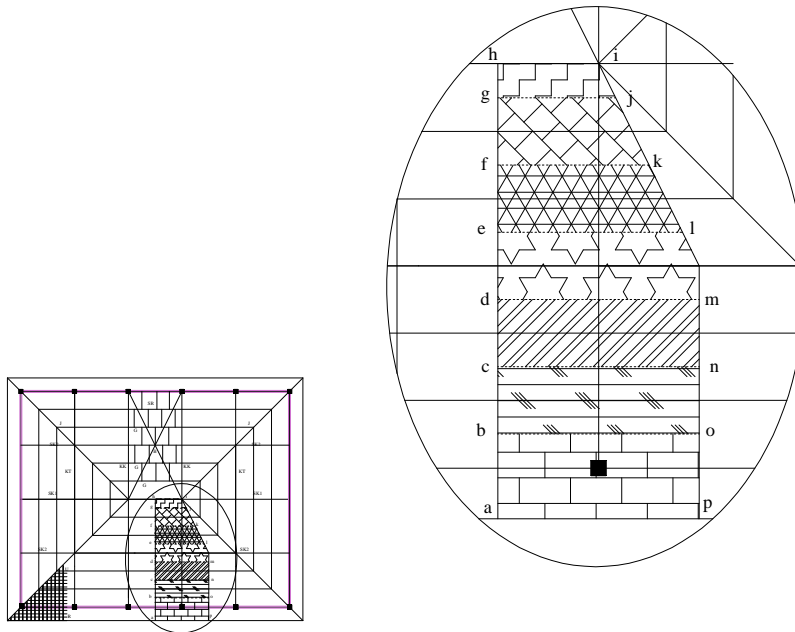
Tabel 3.25 Perhitungan panjang batang pada kuda-kuda utama (KK)

No batang	Panjang batang
1	1,33
2	1,33
3	1,33
4	1,33
5	1,33
6	1,33
7	1,33
8	1,33
9	1,33
10	1,33
11	1,33
12	1,33
13	1,50
14	1,50
15	1,50
16	1,50
17	1,50

18	1,50
19	1,50
20	1,50
21	1,50
22	1,50
23	1,50
24	1,50
25	0,75
26	1,56
27	1,50
28	2,1
29	2,25
30	2,61
31	3,0
32	3,29
33	3,75
34	3,98
35	4,5
36	3,98
37	3,75
38	3,29
39	3,0
40	2,61
41	2,25
42	2,1
43	1,50
44	1,56
45	0,75



### 3.6.2 Perhitungan Luasan Setengah Kuda-Kuda Utama



**Gambar 3.19 Luasan Atap Kuda-kuda**

Panjang ab = 1,90 m

Panjang bc = cd = ef = fg = 1,50 m

Panjang gh = 0,75 m

Panjang hi = 2,0 m

Panjang gj = 2,33 m

Panjang fk = 3,11 m

Panjang el = 3,60 m

Panjang dm = en = bo = ap = 4,0 m

**Luas abop**

$$= ab \times op$$

$$= 1,90 \times 4,0$$

$$= 7,6 \text{ m}^2$$

**Luas bcno=cdmn**

$$= bc \times bo$$

$$= 1,50 \times 4,0$$

$$= 6,0 \text{ m}^2$$

**Luas delm**

$$= (\frac{1}{2} de \times dm) + \frac{1}{2} (\frac{1}{2} de (dm + el))$$

$$= (\frac{1}{2} 1,5 \times 4) + \frac{1}{2} (\frac{1}{2} 1,5 (4 + 3,60))$$

$$= 3 + 2,85 = 5,85 \text{ m}^2$$

**Luas efkl**

$$= \frac{1}{2} ef (fk + el)$$

$$= \frac{1}{2} 1,5 (3 + 3,67)$$

$$= 5,0 \text{ m}^2$$

**Luas fgjk**

$$= \frac{1}{2} fg (fk + gj)$$

$$= \frac{1}{2} 1,5 (3 + 2,33)$$

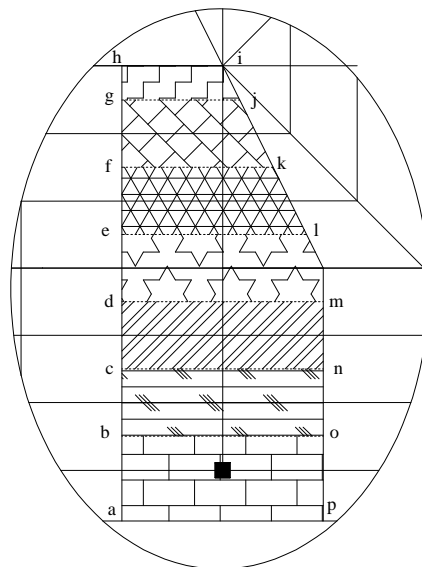
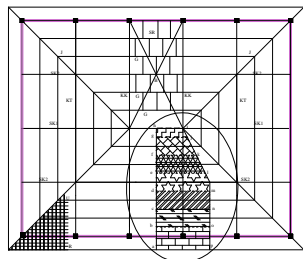
$$= 4 \text{ m}^2$$

**Luas ghij**

$$= \frac{1}{2} gh (hi + gj)$$

$$= \frac{1}{2} 0,75 (2 + 2,33)$$

$$= 1,62 \text{ m}^2$$



### **Gambar 3.20. Luasan Plafon**

$$\text{Panjang ab} = 1,66 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bc} = \text{cd} = \text{ef} = \text{fg} = 1,33 \text{ m}$$

$$\text{Panjang gh} = 0,66 \text{ m}$$

$$\text{Panjang hi} = 2,0 \text{ m}$$

$$\text{Panjang gj} = 2,33 \text{ m}$$

$$\text{Panjang fk} = 3,11 \text{ m}$$

$$\text{Panjang el} = 3,60 \text{ m}$$

$$\text{Panjang dm} = \text{en} = \text{bo} = \text{ap} = 4,0 \text{ m}$$

#### **Luas abop**

$$= \text{ab} \times \text{op}$$

$$= 1,66 \times 4,0 = 6,64 \text{ m}^2$$

#### **Luas bcno=cdmn**

$$= \text{bc} \times \text{bo}$$

$$= 1,33 \times 4,0 = 5,32 \text{ m}^2$$

#### **Luas delm**

$$= \left( \frac{1}{2} \text{de} \times \text{dm} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} \text{de} \left( \text{dm} + \text{el} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{1}{2} 1,33 \times 4 \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} 1,33 \left( 4 + 3,60 \right) \right)$$

$$= 2,66 + 2,53 = 5,19 \text{ m}^2$$

**Luas efkl**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} ef (fk + el) \\ &= \frac{1}{2} 1,33 (3 + 3,67) \\ &= 4,43 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

**Luas fgjk**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} fg (fk + gj) \\ &= \frac{1}{2} 1,33 (3 + 2,33) \\ &= 3,54 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

**Luas ghij**

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} gh (hi + gj) \\ &= \frac{1}{2} 0,66 (2 + 2,33) \\ &= 1,43 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### **3.6.3 Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Utama**

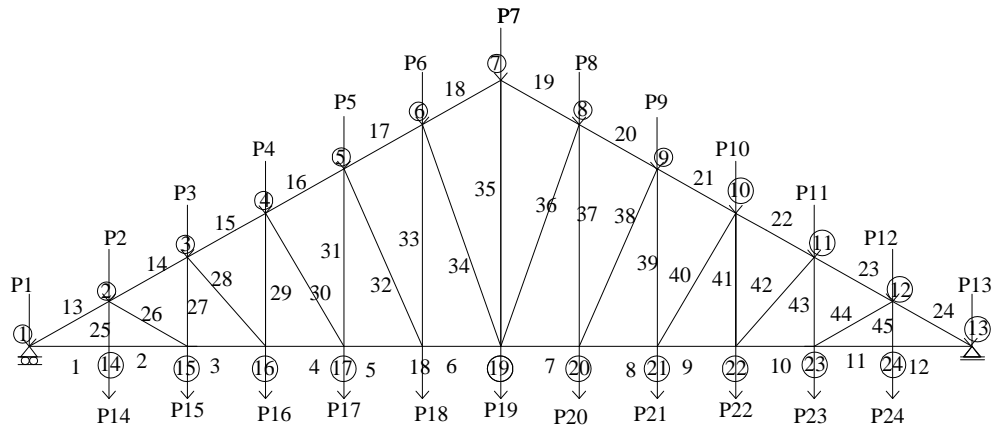
Data-data pembebanan :

Jarak antar kuda-kuda utama = 4,00 m

Berat gording = 11 kg/m

Berat penutup atap = 50 kg/m<sup>2</sup>

Berat profil = 25 kg/m



Gambar 3.21. Pembebanan Kuda-kuda utama akibat beban mati

#### a. Perhitungan Beban

##### ➤ Beban Mati

##### 1) Beban $P_1 = P_{13}$

- a. Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
=  $11 \times 4 = 44 \text{ kg}$
- b. Beban atap = Luasan x Berat atap  
=  $7,6 \times 50 = 380 \text{ kg}$
- c. Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg } (1+13) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
=  $\frac{1}{2} \times (1,33+1,5) \times 25 = 35,375 \text{ kg}$
- d. Beban bracing = 30% x beban kuda-kuda  
=  $30\% \times 35,375 = 10,62 \text{ kg}$
- e. Beban plat sambung = 10% x beban kuda-kuda  
=  $10\% \times 35,375 = 3,54 \text{ kg}$
- f. Beban plafon = Luasan x berat plafon  
=  $6,64 \times 18 = 119,52 \text{ kg}$

##### 2) Beban $P_2 = P_{12}$

- a. Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
=  $11 \times 4 = 44 \text{ kg}$
- b. Beban atap = Luasan x berat atap  
=  $6 \times 50 = 300 \text{ kg}$
- c. Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg}(13+14+25+26) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
=  $\frac{1}{2} \times (1,50 + 1,5 + 0,75 + 1,56) \times 25$   
=  $66,375 \text{ kg}$
- d. Beban plat sambung =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
=  $10\% \times 66,375 = 6,64 \text{ kg}$

3) Beban  $P_3 = P_{11}$

- a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
=  $11 \times 4 = 44 \text{ kg}$
- b) Beban atap = Luasan x berat atap  
=  $6 \times 50 = 300 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg}(14+15+27+28) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
=  $\frac{1}{2} \times (1,5+1,5+1,5+2,1) \times 25 = 82,5 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
=  $10\% \times 82,5 = 8,25 \text{ kg}$

4) Beban  $P_4 = P_{10}$

- a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
=  $11 \times 4 = 44 \text{ kg}$
- b) Beban atap = Luasan x berat atap  
=  $5,88 \times 50 = 294 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg}(15+16+29+30) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
=  $\frac{1}{2} \times (1,5+1,5+2,25+2,61) \times 25$   
=  $98,25 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
=  $10\% \times 98,25 = 9,8 \text{ kg}$

5) Beban  $P_5 = P_9$

- a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
=  $11 \times 3,34 = 36,74 \text{ kg}$

- b) Beban atap = Luasan x berat atap  
 $= 5 \times 50 = 250 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg}(16+17+31+33) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,5+1,5+3+3,75) \times 25$   
 $= 121,875 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 121,875 = 12,19 \text{ kg}$

6) Beban  $P_6 = P_8$

- a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
 $= 11 \times 2,67 = 29,37 \text{ kg}$
- b) Beban atap = Luasan x berat atap  
 $= 4 \times 50 = 200 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg}(17+18+33+34) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,5+1,5+3,75+3,98) \times 25$   
 $= 134,125 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 134,125 = 13,4 \text{ kg}$

7) Beban  $P_7$

- a) Beban gording = Berat profil gording x panjang gording  
 $= 11 \times 2 = 22 \text{ kg}$
- b) Beban atap =  $(2 \times \text{Luasan}) \times \text{berat atap}$   
 $= (2 \times 1,62) \times 50 = 162 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg}(18+19+35) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,5+1,5+4,5) \times 25 = 93,75 \text{ kg}$
- d) Beban bracing =  $30\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30\% \times 93,75 = 28,125 \text{ kg}$
- e) Beban plat sambung =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 93,75 = 9,38 \text{ kg}$
- f) Reaksi (  $2 \times \text{jurai} + \frac{1}{2} \text{ kuda-kuda}$  ) =  $1885,48 \text{ kg}$

8) Beban  $P_{14} = P_{24}$

- a) Beban plafon = Luasan x berat plafon  
 $= 5,32 \times 18 = 95,76 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (1+2+25) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+0,75) \times 25 = 42,625 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 42,625 = 4,26 \text{ kg} \end{aligned}$$

9) Beban  $P_{15} = P_{23}$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban plafon} &= \text{Luasan} \times \text{berat plafon} \\ &= 5,32 \times 18 = 62,082 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (2+3+26+27) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+1,56+1,50) \times 25 = 71,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 71,5 = 7,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

10) Beban  $P_{16} = P_{22}$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban plafon} &= \text{Luasan} \times \text{berat plafon} \\ &= 5,19 \times 18 = 93,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (3+4+28+29) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+2,1+2,25) \times 25 = 87,625 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 87,625 = 8,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

11) Beban  $P_{17} = P_{21}$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban plafon} &= \text{Luasan} \times \text{berat plafon} \\ &= 4,43 \times 18 = 79,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (4+5+30+31) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+2,61+3) \times 25 = 103,375 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban plat sambung} &= 10\% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10\% \times 103,375 = 10,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

12) Beban  $P_{18} = P_{20}$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban plafon} &= \text{Luasan} \times \text{berat plafon} \\ &= 3,54 \times 18 = 63,72 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (5+6+32+33) \times \text{berat profil kuda kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+3,29+3,75) \times 25 = 121,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{c) Beban plat sambung} = 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$$



$$= 10\% \times 121,25 = 12,125 \text{ kg}$$

### 13) Beban P<sub>19</sub>

- a) Beban plafon = (2 x Luasan) x berat plafon  
 $= (2 \times 1,43) \times 18 = 51,48 \text{ kg}$
- b) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (6+7+34+35+36) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,33+1,33+3,98+4,5+3,98) \times 25 = 189 \text{ kg}$
- c) Beban bracing = 30% x beban kuda-kuda  
 $= 30\% \times 189 = 56,7 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung = 10% x beban kuda-kuda  
 $= 10\% \times 189 = 18,9 \text{ kg}$

**Tabel 3.26. Rekapitulasi beban mati**

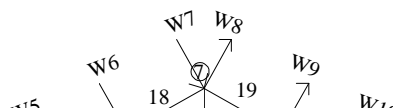
Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda - kuda (kg)	Beban Plat Penyambung (kg)	Beban Bracing(kg)	Beban Plafon (kg)	Jumlah Beban (kg)
P1=P13	380	44	35.375	3.54	10.62	119.52	593.055
P2=P12	300	44	66.375	6.64	19.91	0	417.015
P3=P11	300	44	83	8	25	0	434.75
P4=P10	294	44	98	10	29	0	446.05
P5=P9	250	36.74	121.875	12.19	36.56	0	420.805
P6=P8	200	29.37	134.125	13.4	40.24	0	376.895
P7	162	22	93.75	9.38	28.125	0	2200,74
P14=P24	0	0	42.625	4.26	12.79	95.76	142.645
P15=P23	0	0	71.5	7.15	21.45	62.082	140.732
P16=P22	0	0	88	9	26.29	93.42	189.805
P17=P21	0	0	103.375	10.3	31	79.74	193.415
P18=P20	0	0	121.25	12.1	36.375	63.72	197.07
P19	0	0	189	18.9	56.7	51.48	316.08

### ➤ Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>12</sub>, P<sub>13</sub> = 100 kg

### ➤ Beban Angin

Perhitungan beban angin :



### **Gambar 3.22. Pembebanan kuda-kuda utama akibat beban angin**

Beban angin kondisi normal, minimum =  $25 \text{ kg/m}^2$ .

**1) Koefisien angin tekan**  $= 0,02\alpha - 0,40$

$$= (0,02 \times 30) - 0,40 = 0,2$$

- a.  $W_1 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 7 \times 0,2 \times 25 = 35 \text{ kg}$
- b.  $W_2 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 6 \times 0,2 \times 25$   
 $= 30 \text{ kg}$
- c.  $W_3 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 6 \times 0,2 \times 25$   
 $= 30 \text{ kg}$
- d.  $W_4 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 5,88 \times 0,2 \times 25$   
 $= 29,4 \text{ kg}$
- e.  $W_5 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 5 \times 0,2 \times 25$   
 $= 25 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{f. } W_6 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 4 \times 0,2 \times 25 \\ &= 20 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g. } W_7 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 1,62 \times 0,2 \times 25 \\ &= 8,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

**2) Koefisien angin hisap = - 0,40**

$$\begin{aligned} \text{a) } W_8 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin} \\ &= 1,62 \times -0,4 \times 25 \\ &= -16,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } W_9 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin} \\ &= 4 \times -0,4 \times 25 \\ &= -40 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } W_{10} &= \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin} \\ &= 5 \times -0,4 \times 25 \\ &= -50 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) } W_{11} &= \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin} \\ &= 5,88 \times -0,4 \times 25 \\ &= -58,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e) } W_{12} &= \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin} \\ &= 6 \times -0,4 \times 25 \\ &= -60 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f) } W_{13} &= \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin} \\ &= 6 \times -0,4 \times 25 \\ &= -60 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g) } W_{14} &= \text{luasan} \times \text{koef. angin hisap} \times \text{beban angin} \\ &= 7 \times -0,4 \times 25 \\ &= -70 \text{ kg} \end{aligned}$$

*Tabel 3.27 Perhitungan beban angin*

Beban	Beban angin tekan (kg)	Beban angin hisap (kg)	W <sub>x</sub> tekan	W <sub>y</sub> tekan	W <sub>x</sub> hisap	W <sub>y</sub> hisap
			$W.Cos \alpha$ (kg)	$W.Sin \alpha$ (kg)	$W.Cos \alpha$ (kg)	$W.Sin \alpha$ (kg)
W1	35	0	30.31	17.5	0	0
W2	30	0	25.98	15	0	0
W3	30	0	25.98	15	0	0
W4	29	0	25.4604	14.7	0	0
W5	25	0	21.65	12.5	0	0
W6	20	0	17.32	10	0	0
W7	8	0	7.0146	4.05	0	0
W8	0	-16.2	0	0	-14.029	-8.1
W9	0	-40	0	0	-34.64	-20
W10	0	-50	0	0	-43.3	-25
W11	0	-58.8	0	0	-50.921	-29.4
W12	0	-60	0	0	-51.96	-30
W13	0	-60	0	0	-51.96	-30
W14	0	-70	0	0	-60.62	-35

**Tabel 3.28. Rekapitulasi seluruh Pembebanan Kuda-kuda utama**

Beban	beban mati (kg)	beban hidup (kg)	beban angin ( kg )	
			W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>
P <sub>1</sub>	593.055	100	30.31	17.5
P <sub>2</sub>	417.015	100	25.98	15
P <sub>3</sub>	434.75	100	25.98	15
P <sub>4</sub>	446.05	100	25.4604	14.7
P <sub>5</sub>	420.805	100	21.65	12.5
P <sub>6</sub>	376.895	100	17.32	10
P <sub>7</sub>	1743.47	100	-7.0146	-4.05
P <sub>8</sub>	376.895	100	-34.64	-20
P <sub>9</sub>	420.805	100	-43.3	-25
P <sub>10</sub>	446.05	100	-50.921	-29.4
P <sub>11</sub>	434.75	100	-51.96	-30

P <sub>12</sub>	417.015	100	-51.96	-30
P <sub>13</sub>	593.055	100	-60.62	-35
P <sub>14</sub>	142.645	0	0	0
P <sub>15</sub>	140.732	0	0	0
P <sub>16</sub>	189.805	0	0	0
P <sub>17</sub>	193.415	0	0	0
P <sub>18</sub>	197.07	0	0	0
P <sub>19</sub>	316.08	0	0	0
P <sub>20</sub>	197.07	0	0	0
P <sub>21</sub>	193.415	0	0	0
P <sub>22</sub>	189.805	0	0	0
P <sub>23</sub>	140.732	0	0	0
P <sub>24</sub>	142.645	0	0	0

Dari perhitungan mekanika dengan menggunakan program **SAP 2000** diperoleh gaya batang yang bekerja pada batang kuda-kuda utama sebagai berikut :

*Tabel 3.29. Rekapitulasi gaya batang kuda-kuda utama*

<b>Batang</b>	<b>kombinasi</b>	
	<b>Tarik (+) kg</b>	<b>Tekan(+) kg</b>
1	9711,56	
2	9721,1	
3	8923,04	
4	8063,9	
5	7155,16	
6	6222,99	
7	6169,95	
8	7043,57	
9	7889,77	
10	8685,75	
11	9421,73	

12	9441,74	
13		11177,41
14		10292,44
15		9329,88
16		8309,04
17		7262,81
18		6208,78
19		6228,09
20		7269,04
21		8307,59
22		9326,75
23		10288,26
24		11173,09
25	179,82	
26		914,71
27	683,11	
28		1294,06
29	1259,89	
30		1784,75
31	1846,42	
32		2295
33	2414,13	
34		2756,82
35	5503,93	
36		2598,9
37	2283,17	
38		2151,4
39	1741,35	
40		1662,51
41	1189,2	
42		1199,27
43	647,91	

44		843,75
45	180,41	

### 3.7.4 Perencanaan Profil Kuda-kuda

#### a. Perhitungan profil batang tarik

$$P_{\text{maks.}} = 9711,56 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{netto}} = \frac{P_{\text{maks.}}}{\sigma_{\text{ijin}}} = \frac{9711,56}{1600} = 6,07 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{bruto}} = 1,15 \cdot F_{\text{netto}} = 1,15 \cdot 6,07 \text{ cm}^2 = 6,98 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **└ 50. 50. 5**

$$F = 2 \cdot 4,80 \text{ cm}^2 = 9,6 \text{ cm}^2.$$

F = penampang profil dari tabel profil baja

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P_{\text{maks.}}}{0,85 \cdot F} \\ &= \frac{9711,56}{0,85 \cdot 9,6} \\ &= 1190,14 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma \leq 0,75 \sigma_{\text{ijin}}$$

$$1190,14 \text{ kg/cm}^2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{aman !!}$$

#### b. Perhitungan profil batang tekan

$$P_{\text{maks.}} = 11177,41 \text{ kg}$$

$$lk = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$

Dicoba, menggunakan baja profil **└ 70.70.7**

$$i_x = 2,12 \text{ cm}$$

$$F = 2 \cdot 9,40 = 18,80 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_x} = \frac{150}{2,12} = 70,75 \text{ cm}$$

$$\lambda_g = \pi \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \sigma_{leleh}}} \quad \text{..... dimana, } \sigma_{leleh} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 111 \text{ cm}$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{70,75}{111}$$

$$= 0,637$$

Karena  $0,183 < \lambda_s < 1$  maka .....  $\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$

$$\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$= 1,46$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\sigma = \frac{P_{maks.} \cdot \omega}{F}$$

$$= \frac{11177,41 \cdot 1,46}{18,8}$$

$$= 868,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma \leq \sigma_{ijin}$$

$$868,03 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{..... aman !!!}$$

### c. Perhitungan profil baja pipa

Terdapat pada batang 35 ( kuda-kuda utama) dan 23 ( ½ kuda-kuda )

#### - Sebagai batang tarik

$$P_{maks.} = 5503,93 \text{ kg}$$

$$\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{netto} = \frac{P_{maks.}}{\sigma_{ijin}} = \frac{5503,93}{1600} = 3,43 \text{ cm}^2$$

$$F_{bruto} = 1,15 \cdot F_{netto} = 1,15 \cdot 3,43 \text{ cm}^2 = 3,95 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja pipa 3" tebal 2,8 mm

$$F = 6,46 \text{ cm}^2$$



F = penampang profil dari tabel profil baja

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{\text{maks.}}}{0,85 \cdot F} \\ &= \frac{5503,93}{0,85 \cdot 6,46} \\ &= 1002,35 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma \leq 0,75 \sigma_{\text{ijin}}$$

$$1002,35 \text{ kg/cm}^2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{aman !!}$$

**-Sebagai batang tekan**

$$P_{\text{maks.}} = 464,33 \text{ kg}$$

$$lk = 4,5 \text{ m} = 450 \text{ cm}$$

Dicoba, menggunakan baja pipa 3" tebal 2,8 mm

$$i_x = 2,6 \text{ cm}$$

$$F = 6,46 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_x} = \frac{450}{2,6} = 173 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\lambda_g &= \pi \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \sigma_{\text{leleh}}}} \quad \dots\dots \text{dimana, } \sigma_{\text{leleh}} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 111 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{173}{111} \\ &= 1,56\end{aligned}$$

$$\text{Karena } \lambda_s \geq 1 \quad \dots\dots \omega = 2,381 \times \lambda_s^2$$

$$= 5,79$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\sigma = \frac{P_{\text{maks.}} \cdot \omega}{F}$$

$$= \frac{464,33 \cdot 5,79}{6,46}$$

$$= 416,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma \leq \sigma_{\text{ijin}}$$

$$416,31 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{aman !!}$$

### 3.6.5. Perhitungan Alat Sambung

#### a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm ( 1/2 inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

$$\text{Tebal pelat sambung } (\delta) = 0,625 \cdot d$$

$$= 0,625 \cdot 12,7 = 7,94 \text{ mm.}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

➤ Tegangan geser yang diijinkan

$$\text{Teg. Geser} = 0,6 \cdot \sigma_{\text{ijin}}$$

$$= 0,6 \cdot 1600 = 960 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Tegangan tumpuan yang diijinkan

$$\text{Teg. tumpuan} = 1,5 \cdot \sigma_{\text{ijin}}$$

$$= 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Kekuatan baut :

$$\text{a) } P_{\text{geser}} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \tau_{\text{geser}}$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,27)^2 \cdot 960 = 2430,96 \text{ kg}$$

$$\text{b) } P_{\text{desak}} = \delta \cdot d \cdot \tau_{\text{tumpuan}}$$

$$= 0,9 \cdot 1,27 \cdot 2400 = 2743,20 \text{ kg}$$

P yang menentukan adalah  $P_{\text{geser}} = 2430,96 \text{ kg}$ .

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{11177,41}{2430,96} = 4,59 \sim 5 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 5 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$a) \quad 1,5 d \leq S_1 \leq 3 d$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_1 &= 2,5 d = 2,5 \cdot 1,27 \\ &= 3,175 \text{ cm} = 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$b) \quad 2,5 d \leq S_2 \leq 7 d$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_2 &= 5 d = 5 \cdot 1,27 \\ &= 6,35 \text{ cm} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

## **b. Batang tarik**

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches )

Diameter lubang = 13,7 mm.

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d \\ &= 0,625 \times 12,7 = 7,94 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

➤ Tegangan geser yang diijinkan

$$\begin{aligned} \text{Teg. Geser} &= 0,6 \cdot \sigma_{ijin} = 0,6 \cdot 1600 \\ &= 960 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

➤ Tegangan tumpuan yang diijinkan

$$\begin{aligned} \text{Teg. tumpuan} &= 1,5 \cdot \sigma_{ijin} = 1,5 \cdot 1600 \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan baut :

$$\begin{aligned} a) \quad P_{geser} &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \tau_{geser} \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (127)^2 \cdot 960 \\ &= 2430,96 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b) \quad P_{desak} &= \delta \cdot d \cdot \tau_{tumpuan} \\ &= 0,9 \cdot 1,27 \cdot 2400 \\ &= 2473,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{geser} = 2430,96 \text{ kg}$ .

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{9711,56}{2430,96} = 3,9 \sim 4 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 4 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

a)  $1,5 d \leq S_1 \leq 3 d$

Diambil,  $S_1 = 2,5 d = 2,5 \cdot 1,27$

$$= 3,175 \text{ cm}$$

$$= 3 \text{ cm}$$

b)  $2,5 d \leq S_2 \leq 7 d$

Diambil,  $S_2 = 5 d = 5 \cdot 1,27$

$$= 6,35 \text{ cm}$$

$$= 6 \text{ cm}$$

**Tabel 3.30. Rekapitulasi perencanaan profil kuda-kuda**

Nomer Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
2	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
3	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
4	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
5	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
6	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
7	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
8	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
9	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
10	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
11	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
12	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
13	┴ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
14	┴ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
15	┴ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7

16	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
17	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
18	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
19	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
20	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
21	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
22	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
23	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
24	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
25	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
26	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
27	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
28	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
29	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
30	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
31	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
32	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
33	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
34	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
35	Pipa baja Ø 3"	
36	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
37	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
38	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
39	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
40	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
41	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
42	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
43	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
44	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
45	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7

## BAB 4

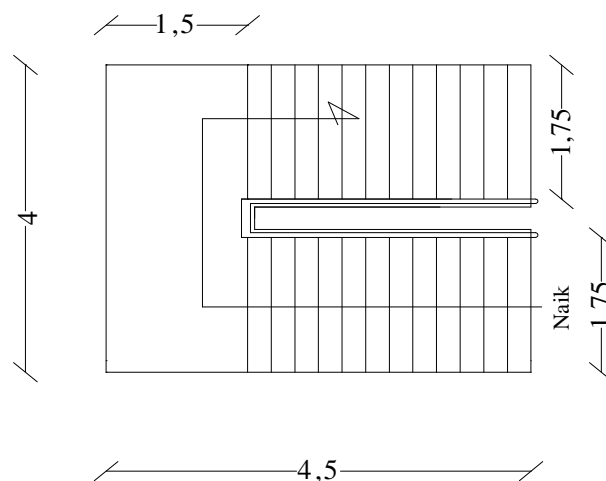
### PERENCANAAN TANGGA

#### 4.1 Uraian Umum

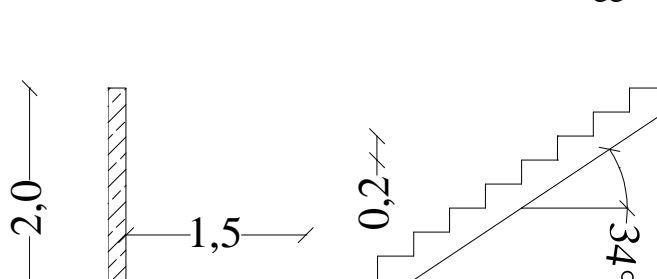
Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat yang sangat penting untuk penunjang antara struktur bangunan dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Penempatan tangga pada struktur suatu bangunan sangat berhubungan dengan fungsi bangunan bertingkat yang akan dioperasikan .

Pada bangunan umum, penempatan haruslah mudah diketahui dan terletak strategis untuk menjangkau ruang satu dengan yang lainnya, penempatan tangga harus disesuaikan dengan fungsi bangunan untuk mendukung kelancaran hubungan yang serasi antara pemakai bangunan tersebut.

#### 4.2 Data Perencanaan Tangga



Gambar 4.1 Perencanaan tangga



Gambar 4.2 Detail tangga

Data – data tangga :

- ✓ Tebal plat dan bordes tangga = 20 cm
- ✓ Panjang datar = 450 cm
- ✓ Lebar tangga rencana = 175 cm
- ✓ Dimensi bordes = 150 x 400 cm

Kemiringan tangga  $\alpha$  =  $\text{Arc.tg} ( 200/300 ) = 34^0 < 35^0 \dots\dots\dots \text{OK}$

Menentukan lebar antrede dan tinggi optrede

- ✓ Direncanakan lebar antrede = 30 cm
  - a. Jumlah antrede =  $270/30 = 9$  buah
- ✓ Jumlah optrede =  $9 + 1 = 10$  buah
- ✓ Tinggi optrede =  $200 / 10 = 20$  cm

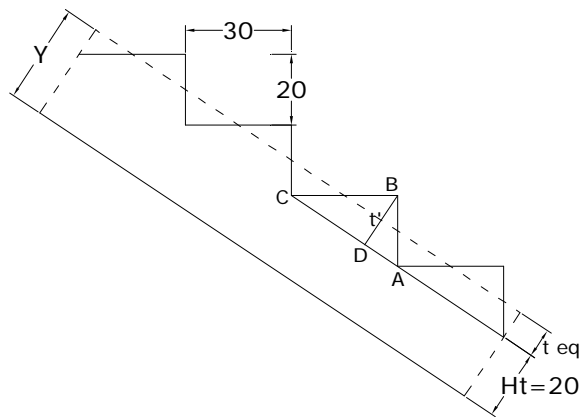
b.  $\tan \alpha = \frac{\text{optrede}}{\text{antrede}}$

$$\begin{aligned}\text{optrede} &= \tan \alpha \times \text{antrede} \\ &= \tan 34^0 \times 30 = 20 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dipakai antrede 30 cm dan optrede 20 cm

### 4.3 Perhitungan Tebal Plat Equivalen dan Pembebanan

#### 4.3.1 Perhitungan Tebal Plat Equivalen



Gambar 4.3 Tebal equivalen

$$\frac{BD}{AB} = \frac{BC}{AC}$$

$$\begin{aligned} BD &= \frac{AB \times BC}{AC} \quad , AC = \sqrt{(20)^2 + (30)^2} = 36,06 \text{ cm} \\ &= \frac{20 \times 30}{36,06} \\ &= 16,64 \text{ cm} \sim 17 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{eq} &= 2/3 \times BD \\ &= 2/3 \times 17 \\ &= 11,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi total equivalent plat tangga

$$\begin{aligned} Y &= t_{eq} + h_t \\ &= 11,33 + 20 \\ &= 31,33 \text{ cm} \\ &= 0,3133 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.3.2 Perhitungan Beban

a. Pembebanan tangga ( tabel 2 . 1 PPIUG 1983 )

1. Akibat beban mati (qD)



Berat tegel keramik(1 cm)	= 0,01 x 1,75 x 2400	= 42 kg/m
Berat spesi (2 cm)	= 0,02 x 1,75 x 2100	= 73,5 kg/m
Berat plat tangga	= 0,3133 x 1,75 x 2400	= 1315,86kg/m
Berat sandaran tangga	= 0,7 x 0,1 x 1000 x 1	= 70 kg/m
		<hr/>
qD = 1501,36 kg/m		+

2. Akibat beban hidup (qL)

$$qL = 1,75 \times 300 \text{ kg/m}^2$$

$$= 525 \text{ kg/m}$$

3. Beban ultimate (qU)

$$qU = 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL$$

$$= 1,2 \cdot 1501,36 + 1,6 \cdot 525$$

$$= 1801,632 + 840$$

$$= 2641,632 \text{ kg/m}$$

b. Pembebanan pada bordes ( tabel 2 . 1 PPIUG 1983 )

1. Akibat beban mati (qD)

Berat tegel keramik(1 cm)	= 0,01 x 4,0 x 2400	= 96 kg/m
Berat spesi (2 cm)	= 0,02 x 4,0 x 2100	= 186 kg/m
Berat plat bordes	= 0,2 x 4,0 x 2400	= 1920 kg/m
Berat sandaran bordes	= 0,7 x 0,1 x 1000 x 2	= 140 kg/m
		<hr/>
qD = 2342 kg/m		+

2. Akibat beban hidup (qL)

$$qL = 4,0 \times 300 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1200 \text{ kg/m}$$

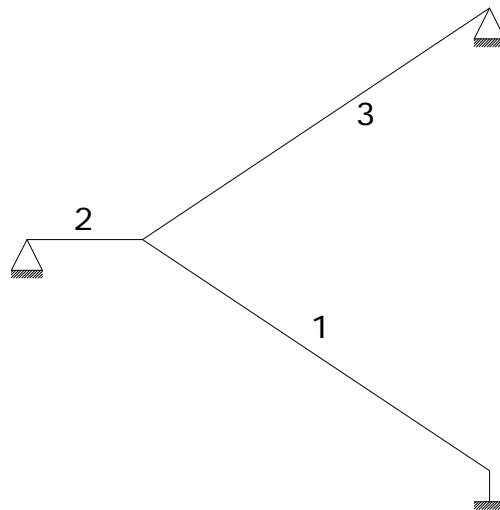
3. Beban ultimate (qU)

$$qU = 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL$$

$$= 1,2 \cdot 2342 + 1,6 \cdot 1200$$

$$= 4730,4 \text{ kg/m}$$

Perhitungan analisa struktur tangga menggunakan Program SAP 2000 tumpuan di asumsikan jepit, sendi, sendi seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.4 Rencana tumpuan tangga

#### 4.4 Perhitungan Tulangan Tangga dan Bordes

##### 4.4.1 Perhitungan Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul} - \varnothing \text{ pembagi} \\ &= 200 - 30 - 6 - 8 \\ &= 156 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_u = 4989,11 \text{ kgm} = 4,98911 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4,98911 \cdot 10^7}{0,8} = 6,1988 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,043 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,032\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

$$R_n = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{6,1988 \cdot 10^7}{1750.(156)^2} = 1,45 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 1,45}{240}} \right) \\ &= 0,0063\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{ada}} < \rho_{\max}$$

$$\text{di pakai } \rho_{\text{ada}} = 0,0063$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0063 \times 1750 \times 156 \\ &= 1719,9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Dipakai tulangan } \varnothing 12 \text{ mm} \quad = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad = \frac{1719,9}{113,04} = 15,21 \approx 16 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad = \frac{1750}{16} = 109,3 \text{ mm}$$

**Dipakai tulangan  $\varnothing 12 \text{ mm}$  – 100 mm**

$$\begin{aligned}A_s \text{ yang timbul} &= 16 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 1814,4 \text{ mm}^2 > A_s (1719,9 \text{ mm}^2) \dots\dots\dots \text{Aman !}\end{aligned}$$

#### 4.4.2 Perhitungan Tulangan Lapangan

$$M_u = 3550,48 \text{ kgm} = 3,55048 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3,55048 \cdot 10^7}{0,8} = 4,4381 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,043 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,032 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4,4381 \cdot 10^7}{1750(156)^2} = 1,04 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 1,04}{240}} \right) \\ &= 0,0044 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{ada}} < \rho_{\max}$$

di pakai  $\rho_{\text{ada}} = 0,0044$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0044 \times 1750 \times 156 \\ &= 1201,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai tulangan } \varnothing 12 \text{ mm} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

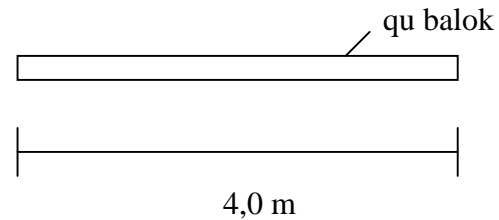
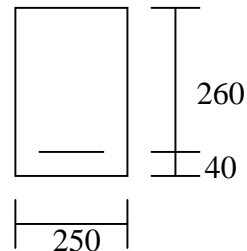
$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{1201,2}{113,04} = 10,63 \approx 11 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1750}{11} = 159,1 \text{ mm}$$

**Dipakai tulangan  $\varnothing 12 \text{ mm} - 150 \text{ mm}$**

$$\begin{aligned} \text{As yang timbul} &= 11 \cdot \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 1243,44 \text{ mm}^2 > \text{As (1201,2 mm}^2) \text{ ....aman!} \end{aligned}$$

#### 4.5 Perencanaan Balok Bordes



Data perencanaan:

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi_t - \phi_s$$

$$d = 300 - 40 - 6 - 8 = 246$$

##### 1. Pembebanan Balok Bordes

###### ➤ Beban mati (qD)

$$\text{Berat sendiri} = 0,25 \times 0,3 \times 2400 = 180 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \times 2 \times 1700 = 510 \text{ kg/m}$$

$$qD = 690 \text{ kg/m}$$

###### ➤ Beban reaksi bordes

$$qU = \frac{\text{Reaksi bordes}}{\text{lebar bordes}}$$

$$= \frac{621,21}{4}$$

$$= 155,3$$

###### ➤ Beban berfaktor (qU)

$$qU = 1,4 \cdot qD$$

$$= 1,4 \cdot 690$$

$$= 966 \text{ Kg/m}$$

$$qU \text{ total} = 966 + 155,3$$

$$= 1121,3 \text{ kg/m}$$

**a. Perhitungan tulangan lentur**

**1. Tulangan tumpuan**

$$M_u = 1639,07 \text{ kgm} = 1,63907 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,63907 \cdot 10^7}{0,8} = 2048,8 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$= 0,043$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,032$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0058$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2048,8 \cdot 10^7}{250 \cdot (246)^2} = 1,35 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{ada}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{14,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 1,35}{240}} \right)$$

$$= 0,0059$$

$$\rho_{\text{ada}} > \rho_{\min}$$

$$< \rho_{\max}$$

$$\text{di pakai } \rho_{\text{ada}} = 0,0059$$

$$A_s = \rho_{\text{ada}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0059 \times 250 \times 246$$

$$= 362,85 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } \varnothing 12 \text{ mm} = \frac{1}{4} \cdot \pi \times 12^2 = 113,097 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{362,85}{113,04} = 3,21 \approx 4 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{As yang timbul} &= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 453,6 \text{ mm}^2 > A_s (362,85 \text{ mm}^2) \text{ .Aman !} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{250 - 2.40 - 2.8 - 4.12}{4 - 1} = 35,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ .....ok !}$$

Dipakai tulangan **4  $\varnothing$  12 mm**

## 2. Tulangan lapangan

$$M_u = 819,53 \text{ kgm} = 0,81953 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{0,81953 \cdot 10^7}{0,8} = 1,0244 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$= 0,043$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,032$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0058$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,0244 \cdot 10^7}{250 \cdot (246)^2} = 0,67 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{ada}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{14,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 0,67}{240}} \right)$$

$$= 0,0040$$

$$\rho_{\text{ada}} < \rho_{\min}$$

$$< \rho_{\max}$$

di pakai  $\rho_{\min} = 0,0058$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \times 250 \times 246 \\ &= 356,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai tulangan } \varnothing 12 \text{ mm} = \frac{1}{4} \cdot \pi \times 12^2 = 113,097 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{356,7}{113,04} = 3,15 \approx 4 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ yang timbul} &= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 453,6 \text{ mm}^2 > A_s (362,85 \text{ mm}^2) \text{ .Aman !} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{250 - 2.40 - 2.8 - 4.12}{4 - 1} = 35,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{ok !}$$

Dipakai tulangan **4  $\varnothing 12$  mm**

#### b. Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot (qU \cdot L) \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1121,3 \cdot 4 \\ &= 2442,6 \text{ Kg} = 24426 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f'_c} \\ &= 1/6 \cdot 250 \cdot 246 \cdot \sqrt{20} \\ &= 45839,39 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \cdot V_c \\ &= 27503,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \phi V_c &= \frac{1}{2} \cdot 27503,6 \\ &= 13751,8 \text{ N} \end{aligned}$$

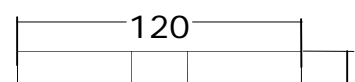
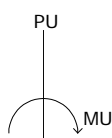
$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

13751,8 N < 24426 N < 27503,6 N dipakai tulangan geser minimum

$$\text{Jarak Sengkang Max} = \frac{d}{2} = \frac{246}{2} = 123 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser minimum  $\varnothing 8 - 120 \text{ mm}$

#### 4.6 Perhitungan Pondasi Tangga





#### Gambar 4.5 Pondasi Tangga

Direncanakan pondasi telapak dengan kedalaman 1,15 m dan panjang 1,75 m dan lebar 1,2 m

- Tebal  $= 20 + \left(\frac{5}{2}\right) = 22,5 \text{ cm}$
- Ukuran alas  $= 1200 \times 1750 \text{ mm}$
- $\gamma$  tanah  $= 1,7 \text{ t/m}^3 = 1700 \text{ kg/m}^3$
- $\sigma$  tanah  $= 2 \text{ kg/cm}^2 = 20 \text{ ton/m}^2$
- $P_u = 20473,94 \text{ kg}$
- $\varnothing$  tulangan  $= 12 \text{ mm}$
- $\varnothing$  sengkang  $= 8 \text{ mm}$

#### 4.7 Perencanaan kapasitas dukung pondasi

##### a. Perhitungan kapasitas dukung pondasi

###### ➤ Pembebanan pondasi

$$\text{Berat telapak pondasi} = 1,2 \times 1,75 \times 0,225 \times 2400 = 1134 \text{ kg}$$

$$\text{Berat tanah} = 2 (0,45 \times 1,75 \times 0,825) \times 1700 = 2208,9 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kolom pondasi tangga} = (0,3 \times 1,75 \times 0,825) \times 2400 = 1039,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 20473,9 \text{ kg} \\ P_{\text{tot}} &= 24856,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{yang terjadi}} &= qU = \frac{P_{\text{tot}}}{A} + \frac{M_{\text{tot}}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot L^2} \\ &= \frac{24856,3}{120 \cdot 175} + \frac{4822,96}{\frac{1}{6} \cdot 120 \cdot (175)^2} \\ &= 1,1916 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{ijin tanah}} (2 \text{ kg/cm}^2) \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

## b. Perhitungan Tulangan Lentur

Untuk Arah Sumbu Pendek

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 11916 \cdot (0,45)^2 \\ &= 1206,5 \text{ kg/m} = 1,2065 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,2065 \cdot 10^7}{0,8} = 1,5081 \cdot 10^7 \text{ N/mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,043 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,5081 \cdot 10^7}{1200 \cdot 154^2} = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,032 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0058$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 0,52}{240}} \right) \\ &= 0,0021 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$< \rho_{\text{min}}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0058 \cdot 1200 \cdot 154 = 1071,84 \text{ mm}^2$$

$$\text{digunakan tul } \varnothing 12 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (12)^2$$

$$= 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{1071,84}{113,04} = 9,48 \approx 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1200}{10} = 120 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan  **$\varnothing 12 - 120 \text{ mm}$**

$$A_s \text{ yang timbul} = 10 \times 113,04$$

$$= 1130,4 > A_s (1071,84 \text{ mm}^2) \dots \dots \dots \text{ok!}$$

▪ Untuk Arah Sumbu Panjang

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 11916 \cdot (0,45)^2$$

$$= 1206,5 \text{ kg/m} = 1,2065 \text{ N/mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,2065 \cdot 10^7}{0,8} = 1,5081 \cdot 10^7 \text{ N/mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$= 0,043$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,5081 \cdot 10^7}{1750 \cdot 154^2} = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,032$$

$$\rho_{\min} = 0,0058$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 0,35}{240}} \right) \\ &= 0,0019\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$< \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned}A_s_{\text{perlu}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \cdot 1750 \cdot 154 \\ &= 1563,1 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{digunakan tul } \varnothing 12 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (12)^2 \\ &= 113,04 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{1563,1}{113,04} = 13,82 \approx 14 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1750}{14} = 125 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan  **$\varnothing 12 - 125 \text{ mm}$**

$$\begin{aligned}A_s \text{ yang timbul} &= 14 \times 113,04 \\ &= 1582,56 > A_s (1563,1 \text{ mm}^2) \dots \dots \dots \text{ok!}\end{aligned}$$

### c. Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned}V_u &= \sigma \times A_{\text{efektif}} \\ &= 11916 \times (0,3 \times 1,75) \\ &= 6255,9 \text{ kg} = 62559 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{20} \cdot 1750 \cdot 154 = 203482,19 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,6 \cdot V_c \\ &= 122089,31 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} \cdot \phi V_c$$

$$= 60262,03 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

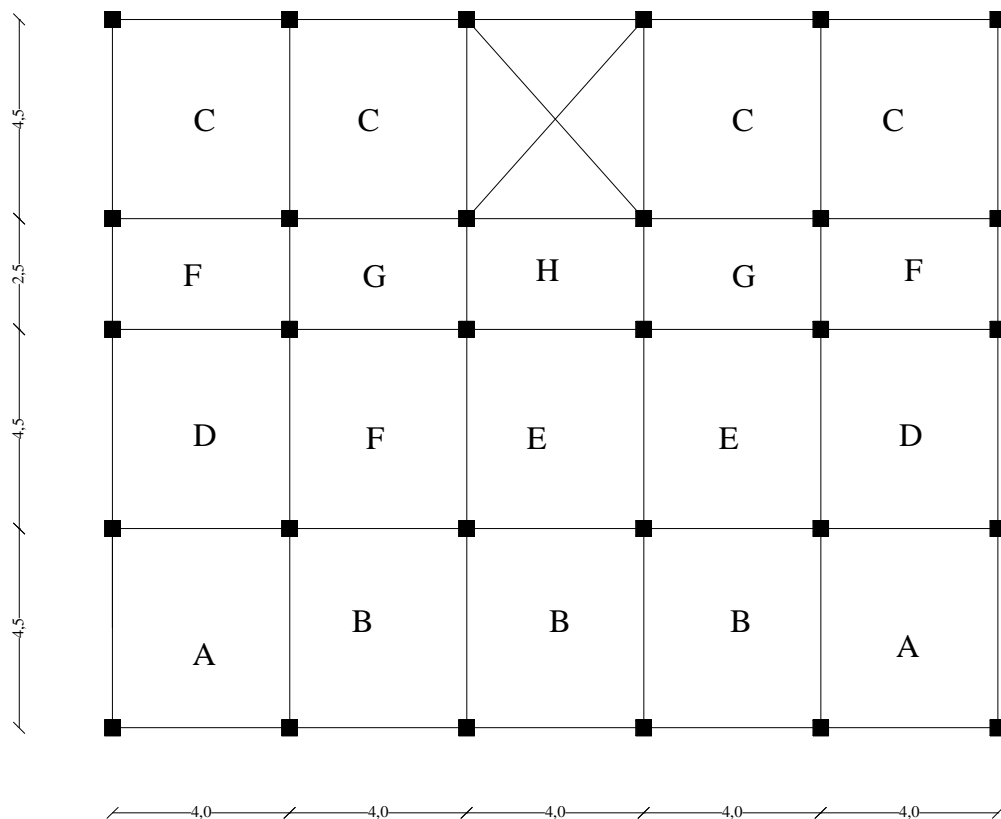
61044,65 N < 62559N < 203482,19 N dipakai tulangan geser minimum

Tulangan geser minimum **Ø 8 – 75 mm**

## BAB 5

### PLAT LANTAI

#### 5.1 Perencanaan Plat Lantai



Gambar 5.1 Denah Plat lantai

#### 5.2 Perhitungan Pembebanan Plat Lantai

a. Beban Hidup (  $q_L$  )

Berdasarkan PPIUG untuk gedung 1983 yaitu :

$$\begin{aligned}\text{Beban hidup fungsi gedung untuk Ruang Kuliah} &= 250 \text{ kg/m}^2 \\ &= 0,250 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

b. Beban Mati ( qD )

Berat plat sendiri	= 0,12 x 2,4 x 1	= 0,288 ton/m
Berat keramik ( 1 cm )	= 0,01 x 2,4 x 1	= 0,024 ton/m
Berat Spesi ( 2 cm )	= 0,02 x 2,1 x 1	= 0,042 ton/m
Berat plafond + instalasi listrik		= 0,018 ton/m
Berat Pasir ( 2 cm )	= 0,02 x 1,6 x 1	= 0,032 ton/m
		<hr/>
		qD = 0,404 ton/m

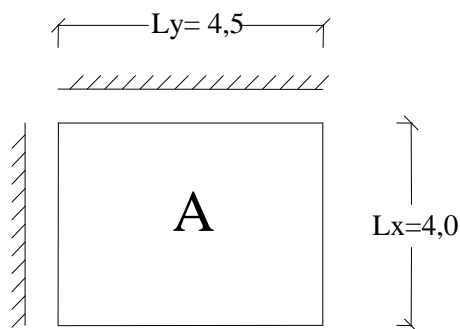
c. Beban Ultimate ( qU )

Untuk tinjauan lebar 1 m pelat maka :

$$\begin{aligned}
 qU &= 1,2 \text{ qD} + 1,6 \text{ qL} \\
 &= 1,2 \cdot 0,404 + 1,6 \cdot 0,250 \\
 &= 0,8848 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

### 5.3 Perhitungan Momen

Perhitungan momen untuk pelat dua arah yaitu dengan tabel momen per meter lebar dalam jalur tengah akibat beban terbagi rata.



Gambar 5.2 Plat tipe A

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4,5}{4,0} = 1,25 \sim 1,2$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 0,8848 \cdot (4)^2 \cdot 41 = 0,58043 \text{ ton m} = 580,43 \text{ kg m}$$









$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 0,8848 \cdot (4)^2 \cdot 27 = 0,38223 \text{ ton m} = 382,23 \text{ kg m}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 0,8848 \cdot (4)^2 \cdot 84 = 1,1891 \text{ ton m} = 1189,1 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 0,8848 \cdot (4)^2 \cdot 74 = 1,0476 \text{ ton m} = 1047,6 \text{ kg m}$$

Perhitungan selanjutnya disajikan dalam table dibawah ini.

**Tabel 5.1 Perhitungan Plat Lantai**

TIPE PLAT	$L_y/L_x$ (m)	$M_{lx}$ (kgm)	$M_{ly}$ (kgm)	$M_{tx}$ (kgm)	$M_{ty}$ (kgm)
	$4,5/4,0 = 1,2$	580,43	382,23	1189,17	1047,60
	$4,5/4,0 = 1,2$	438,86	396,39	1047,60	976,82
	$4,5/4,0 = 1,2$	509,65	382,23	101928	976,82
	$4,5/4,0 = 1,2$	523,80	297,29	990,976	778,624
	$4,5/4,0 = 1,2$	481,33	311,44	891,88	764,4672
	$4,0/2,5 = 1,6$	276,5	99,54	442,4	298,62
	$4,0/2,5 = 1,6$	270,97	82,95	431,34	298,62
	$4,0/2,5 = 1,6$	254,38	138,25	547,47	425,81

## 5.4 Penulangan Plat Lantai

Dari perhitungan momen diambil momen terbesar yaitu:

$$M_{lx} = 580,43 \text{ kg m}$$

$$M_{ly} = 382,23 \text{ kg m}$$

$$M_{tx} = 1189,17 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = 1047,6 \text{ kg m}$$

$$\text{Data : Tebal plat ( h )} = 12 \text{ cm} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal penutup ( d' )} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan ( } \varnothing \text{ )} = 10 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

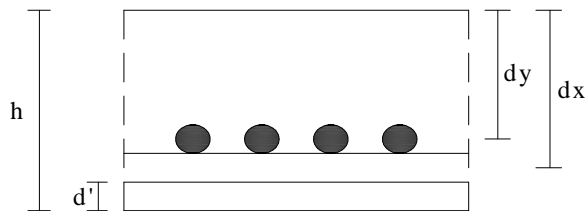


$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 20 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tinggi Efektif ( } d \text{ )} = h - d' = 120 - 20 = 100 \text{ mm}$$

Tinggi efektif



Gambar 5.3 Perencanaan Tinggi Efektif

$$\begin{aligned} d_x &= h - d' - \frac{1}{2} \varnothing \\ &= 120 - 20 - 5 = 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_y &= h - d' - \varnothing - \frac{1}{2} \varnothing \\ &= 120 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

untuk plat digunakan

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,0430 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,0323 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025 \text{ ( untuk pelat )}$$

### 5.4.1 Penulangan lapangan arah x

$$M_u = 580,43 \text{ kg m} = 0,58043 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{0,58043 \cdot 10^7}{0,8} = 0,725 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{0,725 \cdot 10^7}{1000 \cdot (95)^2} = 0,803 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 0,803}{240}} \right) \\ &= 0,0034\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho > \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0034$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0034 \cdot 1000 \cdot 95 \\ &= 323 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{323}{78,5} = 4,11 \sim 5 \text{ buah.}$$

$$\text{Jarak tulangan dalam 1 m} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  **$\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$**

$$\begin{aligned}A_s \text{ yang timbul} &= 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 > A_s (323 \text{ mm}^2) \dots\dots\text{ok!}\end{aligned}$$

### 5.4.2 Penulangan lapangan arah y

$$M_u = 382,23 \text{ kg m} = 0,382 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{0,382 \cdot 10^7}{0,8} = 0,4775 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{0,4775 \cdot 10^7}{1000 \cdot (85)^2} = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 0,66}{240}} \right) \\ &= 0,0024\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

$$\rho < \rho_{\min}, \text{ di pakai } \rho_{\min} = 0,0025$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0025 \cdot 1000 \cdot 85 \\ &= 212,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{212,5}{78,5} = 2,70 \sim 3 \text{ buah.}$$

$$\text{Jarak tulangan dalam 1 m} = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\text{As yang timbul} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 235,5 > A_s \text{ .....ok!}$$

Dipakai tulangan  $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

### 5.4.3 Penulangan tumpuan arah x

$$M_u = 1189,17 \text{ kg m} = 1,18917 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,18917 \cdot 10^7}{0,8} = 1,4865 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,4865 \cdot 10^7}{1000 \cdot (95)^2} = 1,647 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 1,647}{240}} \right) \\ &= 0,0072\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho > \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0072$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0072 \cdot 1000 \cdot 95 \\ &= 648 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{648}{78,5} = 8,71 \sim 9 \text{ buah.}$$

$$\text{Jarak tulangan dalam 1 m}^2 = \frac{1000}{9} = 111,11 \sim 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\text{As yang timbul} = 9 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 706,5 > A_s \dots \dots \text{ok!}$$

Dipakai tulangan  $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$

#### 5.4.4 Penulangan tumpuan arah y

$$M_u = 1047,6 \text{ kg m} = 1,0476 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,0476 \cdot 10^7}{0,8} = 1,3095 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,3095 \cdot 10^7}{1000 \cdot (85)^2} = 1,812 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 1,812}{240}} \right) \\ &= 0,0080 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho > \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,008$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,008 \cdot 1000 \cdot 85 \\ &= 680 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{680}{78,5} = 8,66 \sim 9 \text{ buah.}$$

$$\text{Jarak tulangan dalam 1 m}^2 = \frac{1000}{9} = 111,11 \sim 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\text{As yang timbul} = 9 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 706,5 > A_s \dots \dots \text{ok!}$$

Dipakai tulangan  $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$

## **5.5 Rekapitulasi Tulangan**

Dari perhitungan diatas diperoleh :

Tulangan lapangan arah x  $\varnothing$  **10 – 200 mm**

Tulangan lapangan arah y  $\varnothing$  **10 – 200 mm**

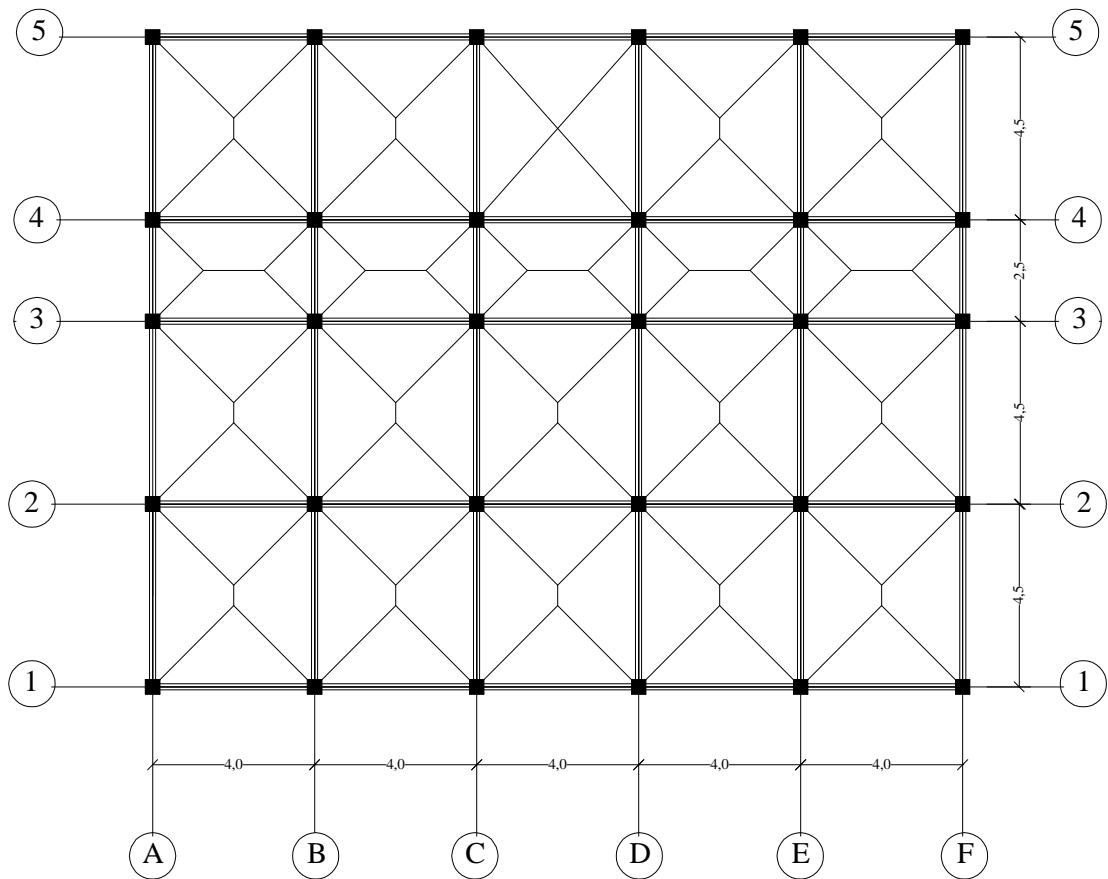
Tulangan tumpuan arah x  $\varnothing$  **10 – 100 mm**

Tulangan tumpuan arah y  $\varnothing$  **10 – 100 mm**

# BAB 6

## PORTAL

### 6.1 Perencanaan Portal



Gambar 6.1. Area Pembebanan Portal

### 6.1.1. Menentukan Dimensi Perencanaan Portal

Pembatasan Ukuran Balok Portal berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang pembatasan tebal minimum dimensi balok sebagai berikut :

$$\frac{L}{16} = \frac{4500}{16} = 281,25mm$$

$$\frac{L}{16} = \frac{4000}{16} = 250mm$$

$$\frac{L}{18,5} = \frac{4500}{18,5} = 243,2mm$$

$$\frac{L}{18,5} = \frac{4000}{18,5} = 216,21mm$$

$$\frac{L}{21} = \frac{4500}{21} = 214,28mm$$

$$\frac{L}{21} = \frac{4000}{21} = 190,47mm$$

Direncanakan dimensi ring balok : 200 mm x 300 mm

dimensi balok portal : 250 mm x 500 mm

dimensi sloof : 200 mm x 300 mm

### 6.1.2. Ukuran Penampang Kolom

Untuk penampang kolom harus memenuhi sebagai berikut :

$$1) bc \geq 300 \qquad 2) \frac{bc}{hc} \leq 0,4 \qquad 3) \frac{Lcn}{bc} \leq 16$$

Dimana :

bc = lebar kolom

Lcn = Tinggi bersih kolom

hc = Tinggi Kolom

Dimensi kolom direncanakan 350 x 350 mm

### 6.2 Perhitungan Lebar Equivalent Pelat

$$\begin{aligned} \text{Pelat type 1 Leq} &= \frac{1}{6} Lx \left( 3 - 4 \left( \frac{Lx}{2Ly} \right)^2 \right) \\ &= \frac{1}{6} . 4 \left( 3 - 4 \left( \frac{4}{2.4,5} \right)^2 \right) = 1,473 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pelat type 2 Leq} &= \frac{1}{3} . Lx \\ &= \frac{1}{3} x 4 = 1,33 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Pelat type 3 Leq} &= \frac{1}{6} Lx \left( 3 - 4 \left( \frac{Lx}{2Ly} \right)^2 \right) \\ &= \frac{1}{6} \cdot 2,5 \left( 3 - 4 \left( \frac{2,5}{2,4} \right)^2 \right) = 1,09\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pelat type 4 Leq} &= \frac{1}{3} \cdot Lx \\ &= \frac{1}{3} \cdot 2,5 = 0,75\end{aligned}$$

## Beban Plat Lantai

### a. Beban Mati (qd)

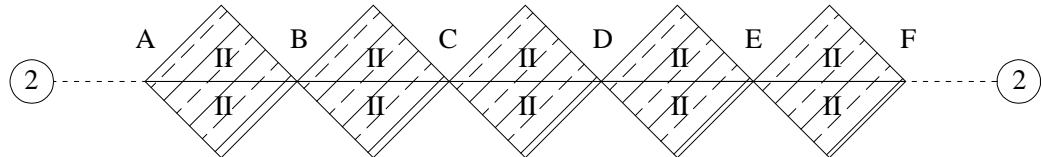
Beban plat sendiri	= 0,12. 2400	= 288 kg/m <sup>2</sup>
Beban spesi pasangan	= 0,02. 2100	= 42 kg/m <sup>2</sup>
Beban pasir	= 0,02. 1600	= 32 kg/m <sup>2</sup>
Beban keramik	= 0,01. 2400	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Plafond + penggantung	= 11 + 7	= 18 kg/m <sup>2</sup>
		<hr/>
		qd = 404 kg/m <sup>2</sup>

### b. Beban hidup (ql)

Beban hidup plat lantai = 250 kg/m<sup>2</sup>

### 6.2.1. Pembebanan Balok Portal Melintang

#### 1. Pembebanan Balok Portal As-2



Gambar 6.2. Pembebanan Balok Portal As 2

Elemen BC = DE = EF

➤ Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,25 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 228 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = 2 \times 1,33 \times 404 = \underline{1074,64 \text{ kg/m} +}$$

$$qD = 1302,64 \text{ kg/m}$$

➤ Beban hidup (qL)

$$qL = 250 \cdot 2 \times 1,33 = 665 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= (1,2 \cdot 1302,64) + (1,6 \cdot 665) \\ &= 2627,17 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Elemen AB = CD

➤ Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,25 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 228 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = 2 \times 1,33 \times 404 = 1074,64 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 (4 - 0,3) \times 1700 = \underline{943,5 \text{ kg/m} +}$$

$$qD = 2246,14 \text{ kg/m}$$

➤ Beban hidup (qL)

$$qL = 250 \cdot 2 \times 1,33 = 665 \text{ kg/m}$$

$$qU = 1,2 qD + 1,6 qL$$

$$\begin{aligned}
 &= (1,2 \cdot 2246,14) + (1,6 \cdot 665) \\
 &= 3759,37 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

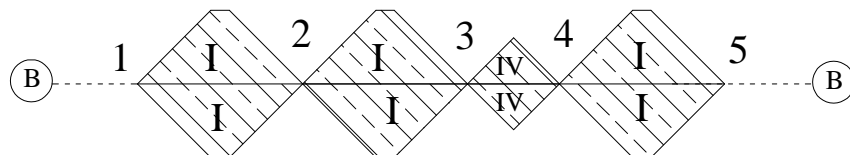
Untuk perhitungan selanjutnya akan disajikan dalam bentuk tabel

Tabel 6.1. Pembebanan portal melintang

PORTAL AS	ELEMEN									
	AB		BC		CD		DE		EF	
	qD	qL	qD	qL	qD	qL	qD	qL	qD	qL
1 – 1	1708,82	332,5	1708,82	332,5	1708,82	332,5	1708,82	332,5	1708,82	332,5
2 – 2	2246,14	665	1302,64	665	2246,14	665	1302,64	665	1302,64	665
3 – 3	2149,18	605	1205,68	605	2149,18	605	2149,18	605	2149,18	665
4 – 4	2149,18	605	2149,18	605	664,32	272,5	2149,18	605	2149,18	665
5 – 5	1708,82	332,5	1708,82	332,5	1171,5	0	1708,82	332,5	1708,82	332,5

## 6.2.2 Pembebanan Balok Portal Memanjang

### 1. Pembebanan Balok Portal As-B



Gambar 6.3. Pembebanan Balok Portal As B

Elemen 1-2 = 2-3 = 4-5

#### ➤ Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,25 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 228 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = 2 \times 1,473 \times 404 = 1190,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 (4 - 0,3) \times 1700 = \underline{943,5 \text{ kg/m}} +$$

$$qD = 2361,9 \text{ kg/m}$$

#### ➤ Beban hidup (qL)

$$qL = 250 \cdot 2 \times 1,473 = 736,5 \text{ kg/m}$$

$$qU = 1,2 qD + 1,6 qL$$

$$= (1,2 \cdot 2361,9) + (1,6 \cdot 736,5)$$

$$= 4012,68 \text{ kg/m}$$

Elemen 3 - 4

➤ Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,25 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 228 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = 2 \times 0,75 \times 404 = \underline{606 \text{ kg/m}} +$$

$$qD = 834 \text{ kg/m}$$

➤ Beban hidup (qL)

$$qL = 250 \cdot 2 \cdot 0,75 = 375 \text{ kg/m}$$

$$qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL$$

$$= (1,2 \cdot 834) + (1,6 \cdot 375)$$

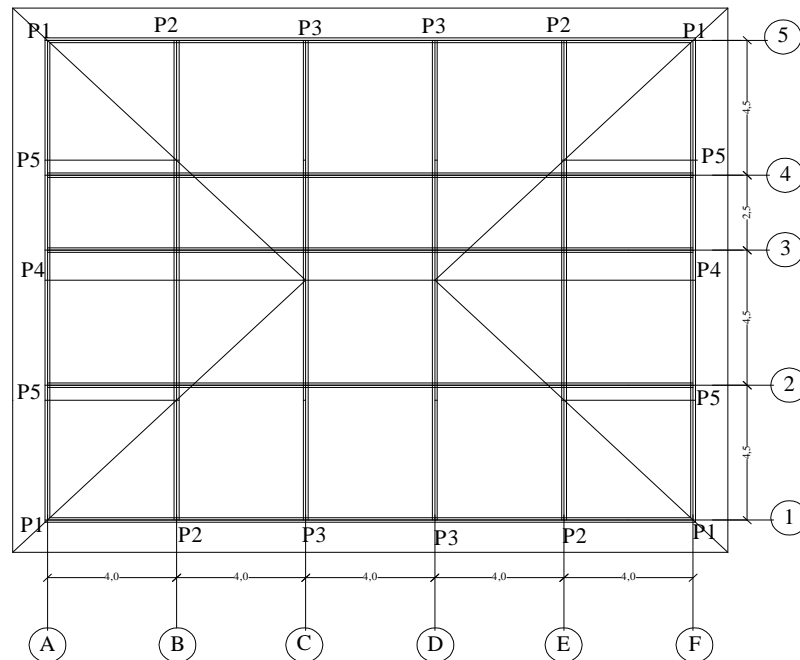
$$= 1600,8 \text{ kg/m}$$

Untuk perhitungan selanjutnya akan disajikan dalam bentuk tabel

Tabel 6.2. Pembebanan portal memanjang

PORTAL AS	ELEMEN							
	1 – 2		2 – 3		3 – 4		4 – 5	
	qD	qL	qD	qL	qD	qL	qD	qL
A-A	1766,8	368,25	1766,8	368,25	1474,5	187,5	1766,8	368,25
B-B	2361,9	736,5	2361,9	736,5	834	375	2361,9	736,5
C-C	2361,9	736,5	2361,9	736,5	834	375	1766,8	368,25
D-D	2361,9	736,5	2361,9	736,5	834	375	1766,8	368,25
E-E	1171,5	736,5	1171,5	736,5	834	375	2361,9	736,5
F-F	1766,8	368,25	1766,8	368,25	1474,5	187,5	1766,8	368,25

### 6.2.4 Perencanaan pembebanan ringbalk



Gambar 6.4. Denah beban titik ringbalk

#### a. Beban Titik

Keterangan :

P1 = Reaksi jurai	= 2023,35 kg
P2 = Reaksi kuda-kuda trapesium	= 4140,56 kg
P3 = Reaksi kuda-kuda utama	= 6397,53 kg
P4 = Reaksi setengah kuda-kuda	= 4736,87 kg
P5 = Reaksi seperempat kuda-kuda	= 1690,98 kg

#### b. Beban Merata

$$\text{Beban sendiri ring balk} = 0,20 \cdot 0,30 \cdot 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

### 6.2.5 Perencanaan pembebanan Sloof

Beban Merata

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,20 \cdot 0,30 \cdot 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat dinding} &= 0,15 (4 - 0,5) \times 1700 &= \underline{892,5 \text{ kg/m}} + \\ & &= 1036,5 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

### 6.3 PENULANGAN RING BALK

#### 6.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur Ring Balk

Untuk perhitungan tulangan lentur ring balk diambil pada bentang dengan moment terbesar dari perhitungan SAP 2000 yaitu pada frame 198.

Data perencanaan ringbalk :

$$\begin{aligned}b &= 200 \text{ mm} & d &= h - p - \frac{1}{2} \varnothing_t - \varnothing_s \\ h &= 300 \text{ mm} & &= 300 - 40 - \frac{1}{2} 16 - 8 \\ f'_c &= 20 \text{ Mpa} & &= 244 \text{ mm} \\ f_y &= 325 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 20}{325} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 325} \right) \\ &= 0,028\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,028 \\ &= 0,021\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{325} = 0,0043$$

#### ▪ Daerah Lapangan

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 626,32 \text{ kgm} = 6,2632 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{6,2242 \cdot 10^6}{0,8} = 7,829 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{7,829 \cdot 10^6}{200 \cdot 244^2} = 0,65$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,118 \cdot 0,65}{325}} \right) \\ &= 0,0020 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\min} = 0,0043$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0043 \cdot 200 \cdot 244 \\ &= 209,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø 16

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2} \\ &= \frac{220,16}{200,96} = 1,04 \approx 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$A_s' = 2 \times 200,96 = 401,92 \text{ mm}^2$$

$A_s' > A_s$  maka ringbalk aman.....Ok!

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 16}{2 - 1} = 72 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{ok !}$$

Jadi dipakai tulangan **2 D 16 mm**

#### ▪ Daerah Tumpuan

$$M_u = 2040,09 \text{ kgm} = 2,04009 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,0401 \cdot 10^7}{0,8} = 2,5501 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2,5501 \cdot 10^7}{200 \cdot 244^2} = 2,14$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,118 \cdot 2,14}{325}} \right) \\ &= 0,0059 \end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\text{ada}} = 0,0070$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0070 \cdot 200 \cdot 244 \\ &= 341,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø 16

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2} \\ &= \frac{341,6}{200,96} = 1,69 \approx 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\text{As}' = 2 \times 200,96 = 401,92 \text{ mm}^2$$

As' > As maka ringbalk aman.....Ok!

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 16}{2 - 1} = 72 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{ok !}$$

Jadi dipakai tulangan **2 D 16 mm**

### 6.3.2 Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$V_u = 5104,16 \text{ kg} = 51041,6 \text{ N}$$



$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 1/6 \cdot \sqrt{20} \cdot 200 \cdot 244 = 36373,375 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 36373,375 = 21824,025 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 3 \cdot 21824,025 = 65472,075 \text{ N}$$

$$\phi V_c < V_u < 3 \phi V_c$$

$$21824,025 \text{ N} < 51041,6 \text{ N} < 65472,075 \text{ N}$$

Jadi diperlukan tulangan geser

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$= 51041,6 - 21824,025 = 29217,575 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,6} = \frac{29217,575}{0,6} = 48695,9 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8)^2$$

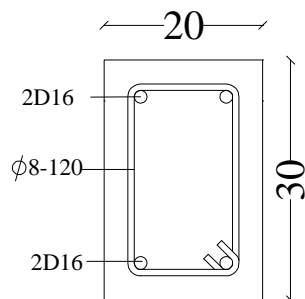
$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,531 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{s \text{ perlu}}} = \frac{100,531 \cdot 240 \cdot 256}{46346,6} = 126,8 \text{ mm}$$

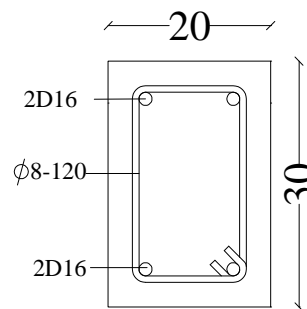
$$S_{\text{max}} = d/2 = 244/2 = 122 \text{ mm}$$

**Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 120 mm**

Penulangan ringbalk



Lapangan



Tumpuan

## 6.4 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Portal

### 6.4.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Portal Memanjang

Untuk contoh perhitungan tulangan lentur balok portal memanjang diambil yang paling besar yaitu **Frame 117 /Balok As C bentang 1 - 2**

Data perencanaan balok :

$$\begin{aligned}b &= 250 \text{ mm} & d &= h - p - \frac{1}{2} \varnothing_t - \varnothing_s \\h &= 500 \text{ mm} & &= 500 - 40 - \frac{1}{2} 16 - 8 \\f'_c &= 20 \text{ Mpa} & &= 444 \text{ mm} \\f_y &= 325 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\&= \frac{0,85 \cdot 20}{325} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 325} \right) \\&= 0,028\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\&= 0,75 \cdot 0,028 \\&= 0,021\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{325} = 0,0043$$

#### ▪ Daerah Lapangan

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 4680,05 \text{ kgm} = 4,6801 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4,6801 \cdot 10^7}{0,8} = 5,8501 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{5,8501 \cdot 10^7}{250 \cdot 444^2} = 1,17$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,118 \cdot 1,17}{325}} \right) \\ &= 0,0039 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\min} = 0,0043$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0043 \cdot 250 \cdot 444 \\ &= 477,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø 16

$$n = \frac{477,3}{\frac{1}{4} \pi (16^2)} = \frac{477,3}{200,96} = 2,372 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$A_s' = 3 \times 200,96 = 602,94 \text{ mm}^2$$

$A_s' > A_s$  maka balok aman.....Ok!

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{250 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 3 \cdot 16}{3 - 1} = 53 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{ok !}$$

Jadi dipakai tulangan 3 **D 16 mm**

#### ▪ Daerah Tumpuan

$$M_u = 8353,44 \text{ kgm} = 8,3534 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{8,3534 \cdot 10^7}{0,8} = 10,4488 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{10,4488 \cdot 10^7}{250 \cdot 454^2} = 2,02$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned}\rho_{ada} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,118 \cdot 2,02}{325}} \right) \\ &= 0,0066\end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{ada} = 0,0066$$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0066 \cdot 250 \cdot 454 \\ &= 749,1 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø 16

$$n = \frac{749,1}{\frac{1}{4} \pi (16^2)} = \frac{749,1}{200,96} = 3,72 \approx 4 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 4 \times 200,96 = 803,92 \text{ mm}^2$$

$$\text{As}' > \text{As} \text{ maka balok aman.....Ok!}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{250 - 2,40 - 2,8 - 4,16}{4 - 1} = 30 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots\dots\dots\text{ok !}$$

Jadi dipakai tulangan 4 **D 16 mm**

#### 6.4.2 Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$V_u = 10679,24 \text{ kg} = 106792,4 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 1/6 \cdot \sqrt{20} \cdot 250 \cdot 444 = 82734,5 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 82734,5 = 49640,7 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 3 \cdot 49640,7 = 148922,1 \text{ N}$$

$$\phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$49640,7 \text{ N} < 106792,4 \text{ N} < 148922,1 \text{ N}$$

Jadi diperlukan tulangan geser

$$\begin{aligned}\phi V_s &= V_u - \phi V_c \\ &= 106792,4 - 49640,7 = 57151,7 \text{ N}\end{aligned}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,6} = \frac{57151,7}{0,6} = 95717,6 \text{ N}$$

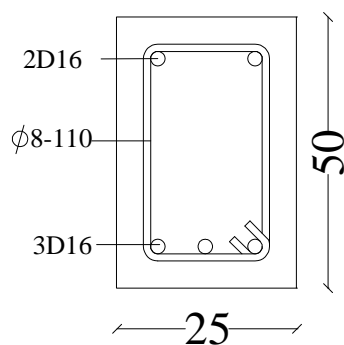
$$\begin{aligned}A_v &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8)^2 \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,531 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{s \text{ perlu}}} = \frac{100,531 \cdot 240 \cdot 444}{95717,6} = 114,43 \text{ mm}$$

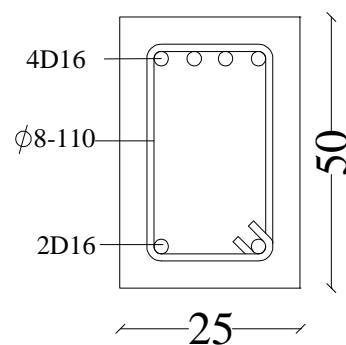
$$S_{\text{max}} = d/2 = 444/2 = 222 \text{ mm}$$

**Jadi dipakai sengkang dengan tulangan  $\phi 8 - 110 \text{ mm}$**

Penulangan balok portal memanjang



Lapangan



Tumpuan

### 6.4.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Portal Melintang

Untuk contoh perhitungan tulangan lentur balok portal melintang diambil yang paling besar yaitu **Frame 121 / Balok As 2 bentang A-B**

Data perencanaan balok :

$b$	$= 250 \text{ mm}$	$d$	$= h - p - \frac{1}{2} \phi_t - \phi_s$
$h$	$= 500 \text{ mm}$		$= 500 - 40 - \frac{1}{2} 16 - 8$
$f'_c$	$= 20 \text{ Mpa}$		$= 444 \text{ mm}$
$f_y$	$= 325 \text{ Mpa}$		

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 20}{325} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 325} \right) \\ &= 0,028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,028 \\ &= 0,021 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{325} = 0,0043$$

#### ▪ Daerah Lapangan

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 3784,84 \text{ kgm} = 3784,84 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3,7848 \cdot 10^7}{0,8} = 4,731 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4,731 \cdot 10^7}{250 \cdot 444^2} = 0,95$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,118 \cdot 0,95}{325}} \right) \\ &= 0,0032 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$  dipakai tulangan tunggal

Digunakan  $\rho_{\min} = 0,0043$

As perlu =  $\rho \cdot b \cdot d$

$$= 0,0043 \cdot 250 \cdot 444$$

$$= 477,3 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan Ø 16

$$n = \frac{477,3}{\frac{1}{4}\pi(16^2)} = \frac{477,3}{200,96} = 2,372 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$A_s' = 3 \times 200,96 = 602,94 \text{ mm}^2$$

$A_s' > A_s$  maka balok aman.....Ok!

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{250 - 2.40 - 2.8 - 3.16}{3 - 1} = 53 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots\dots\dots\text{ok !}$$

Jadi dipakai tulangan 3 **D 16 mm**

#### ▪ Daerah Tumpuan

$$M_u = 5146,71 \text{ kgm} = 5,1467 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5,1467 \cdot 10^7}{0,8} = 6,4333 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{6,4333 \cdot 10^7}{250 \cdot 444^2} = 1,3$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\rho_{\text{ada}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,118 \times 1,3}{325}} \right)$$

$$= 0,0042$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$  dipakai tulangan tunggal

Digunakan  $\rho_{\min} = 0,0043$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0043 \cdot 250 \cdot 444$$

$$= 477,3 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan Ø 16

$$n = \frac{477,3}{\frac{1}{4}\pi(16^2)} = \frac{477,3}{200,96} = 2,372 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$A_s' = 3 \times 200,96 = 602,94 \text{ mm}^2$$

$A_s' > A_s$  maka balok aman.....Ok!

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{250 - 2.40 - 2.8 - 3.16}{3 - 1} = 53 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots\dots\dots\text{ok !}$$

Jadi dipakai tulangan 3 **D 16 mm**

#### 6.4.4 Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$V_u = 8577,94 \text{ kg} = 85779,4 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 1/6 \cdot \sqrt{20} \cdot 250 \cdot 444 = 82734,5 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 82734,5 = 49640,7 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 3 \cdot 49640,7 = 148922,1 \text{ N}$$

$$\phi V_c < V_u < 3 \phi V_c$$

$$49640,7 \text{ N} < 85779,4 \text{ N} < 148922,1 \text{ N}$$

Jadi diperlukan tulangan geser

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$= 85779,4 - 49640,7 = 36138,7 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,6} = \frac{36138,7}{0,6} = 60231,16 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8)^2$$

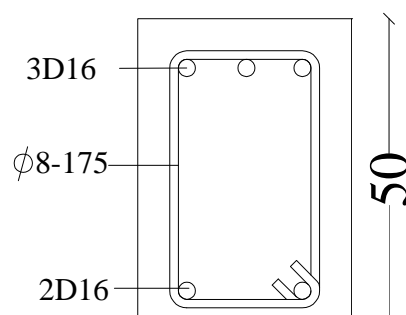
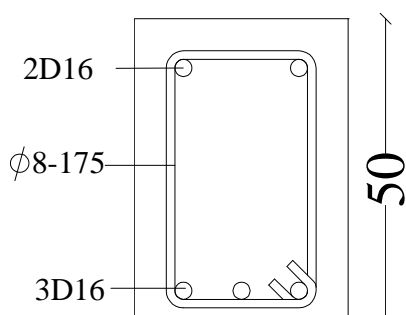
$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,531 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{s \text{ perlu}}} = \frac{100,531 \cdot 240 \cdot 444}{60231,16} = 177,85 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = d/2 = 444/2 = 222 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan **Ø 8 – 175 mm**

**Penulangan balok portal melintang**





Lapangan

Tumpuan

## 6.5 Penulangan Kolom

### 6.5.1 Perhitungan Tulangan Lentur

Untuk contoh perhitungan tulangan lentur kolom diambil momen terbesar dari perhitungan dengan SAP 2000 pada **Frame 86**

Data perencanaan :

b = 350 mm	ø tulangan = 16 mm
h = 350 mm	ø sengkang = 8 mm
f'c = 20 MPa	s (tebal selimut) = 40 mm
fy = 325 MPa	

$$d = h - s - \text{ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{ ø tulangan}$$

$$= 350 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 294 \text{ mm}$$

$$d' = h - d = 350 - 294 = 56 \text{ mm}$$

Dari perhitungan SAP didapat :

$$P_u = 29352,66 \text{ kg} = 293526,6 \text{ N}$$

$$M_u = 2215,38 \text{ kgm} = 221,538 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{221,538 \cdot 10^5}{293526,6} = 75,47 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 0,1 \cdot h = 0,1 \cdot 350 = 35 \text{ mm}$$

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 325} \cdot 294 = 190,7$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b = 0,85 \cdot 190,7 = 162,09$$

$$P_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a_b \cdot b = 0,85 \cdot 20 \cdot 162,09 \cdot 350 = 964478,92 \text{ N}$$

$$Pn_{\text{perlu}} = \frac{Pu}{\phi} ; 0,1.f'c.Ag = 0,1.20.350.350 = 2,45.10^5 \text{ N}$$

→ karena  $Pu > 0,1.f'c.Ag$  , maka  $\phi = 0,65$

$$Pn_{\text{perlu}} = \frac{Pu}{\phi} = \frac{293526,6}{0,65} = 451579,38 \text{ N}$$

$Pn_{\text{perlu}} < Pn_b \rightarrow$  analisis keruntuhan tarik

$$a = \frac{Pn_{\text{perlu}}}{0,85.f'c.b} = \frac{451579,38}{0,85.20.350} = 75,8$$

$$As = \frac{Pn_{\text{perlu}} \left( \frac{h}{2} - e - \frac{a}{2} \right)}{fy(d - d')} = \frac{451579,38 \left( \frac{350}{2} - 75,47 - \frac{75,8}{2} \right)}{325(294 - 56)} = 449,96 \text{ mm}^2$$

luas memanjang minimum :

$$As_t = 1 \% Ag = 0,01 . 350 . 350 = 1225 \text{ mm}^2$$

Sehingga,  $As = As'$

$$As = \frac{Ast}{2} = \frac{1225}{2} = 612,5 \text{ mm}^2$$

Menghitung jumlah tulangan :

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D)^2} = \frac{612,5}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16)^2} = 3,05 \approx 4 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} As_{\text{ada}} &= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 803,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$As_{\text{ada}} > As_{\text{perlu}}$ ..... Ok!

Jadi dipakai tulangan **4 D16**

### 6.5.2 Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$Vu = 1114,54 \text{ kg} = 11145,4 \text{ N}$$

$$Vc = 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b.d = 1/6 \cdot \sqrt{20} \cdot 350 \cdot 294 = 76697,13 \text{ N}$$

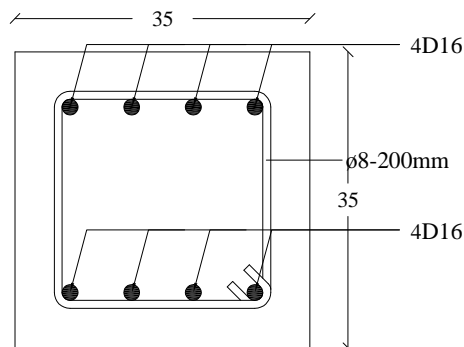
$$\phi Vc = 0,6 \cdot 76697,13 = 46018,27 \text{ N}$$

$$0,5\phi Vc = 23009,13 \text{ N}$$

$Vu < 0,5\phi Vc$  tidak perlu tulangan geser

Dipakai sengkang praktis untuk penghubung tulangan memanjang =  $\phi 8 - 200 \text{ mm}$

## Penulangan kolom



## 6.6 PENULANGAN SLOOF

### 6.6.1 Perhitungan Tulangan Lentur Sloof

Untuk perhitungan tulangan lentur sloof diambil pada bentang dengan moment terbesar dari perhitungan SAP 2000 yaitu pada frame 40

Data perencanaan balok sloof :

b	= 200 mm	d	= h - p - $\frac{1}{2} \varnothing_t - \varnothing_s$
h	= 300 mm		= 300 - 40 - $\frac{1}{2} 16 - 8$
f'c	= 20 Mpa		= 244 mm
fy	= 325 Mpa		

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 20}{325} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 325} \right) \\ &= 0,028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,028 \\ &= 0,021 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{325} = 0,0043$$

▪ **Daerah Lapangan**

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 3266,02 \text{ kgm} = 3,266 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3,266 \cdot 10^7}{0,8} = 4,0825 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4,0825 \cdot 10^7}{200 \cdot 244^2} = 3,42$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,118 \cdot 3,42}{325}} \right) \\ &= 0,0108 \end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\text{ada}} = 0,0108$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{ada}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0108 \cdot 200 \cdot 244 \\ &= 527,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø 16

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2} \\ &= \frac{527,04}{200,96} = 2,64 \approx 3 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\text{As}' = 3 \times 200,96 = 602,94 \text{ mm}^2$$

As' > As maka balok aman.....Ok!

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 3 \cdot 16}{3 - 1} = 28 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots\dots\dots\text{ok !}$$

Jadi dipakai tulangan 3 **D 16 mm**

▪ **Daerah Tumpuan**

$$M_u = 4731,14 \text{ kgm} = 4,7311 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4,7311 \cdot 10^7}{0,8} = 5,913 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{5,913 \cdot 10^7}{200 \cdot 244^2} = 4,01$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,118 \cdot 4,01}{325}} \right) \\ &= 0,0122 \end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\text{ada}} = 0,0122$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0122 \cdot 200 \cdot 244 \\ &= 595,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø 16

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2} \\ &= \frac{595,36}{200,96} = 2,96 \approx 3 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$A_s' = 3 \times 200,96 = 602,94 \text{ mm}^2$$

$A_s' > A_s$  maka balok aman.....Ok!

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 3 \cdot 16}{3 - 1} = 28 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{ok !}$$

Jadi dipakai tulangan **3 D 16 mm**

### 6.3.2 Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$V_u = 5104,16 \text{ kg} = 51041,6 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 1/6 \cdot \sqrt{20} \cdot 200 \cdot 244 = 36373,375 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 36373,375 = 21824,025 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 3 \cdot 21824,025 = 65472,075 \text{ N}$$

$$\phi V_c < V_u < 3 \phi V_c$$

$$21824,025 \text{ N} < 51041,6 \text{ N} < 65472,075 \text{ N}$$

Jadi diperlukan tulangan geser

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$= 51041,6 - 21824,025 = 29217,575 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,6} = \frac{29217,575}{0,6} = 48695,9 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (8)^2$$

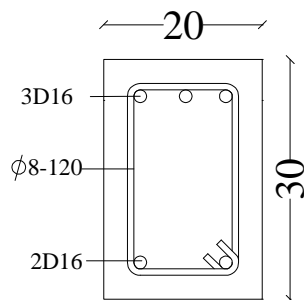
$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,531 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{s \text{ perlu}}} = \frac{100,531 \cdot 240 \cdot 256}{48695,9} = 126,8 \text{ mm}$$

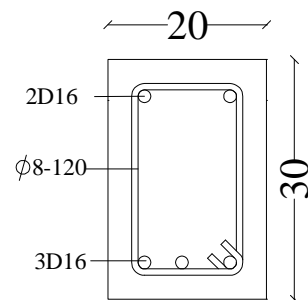
$$S_{\text{max}} = d/2 = 244/2 = 122 \text{ mm}$$

**Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 120 mm**

### Penulangan Sloof



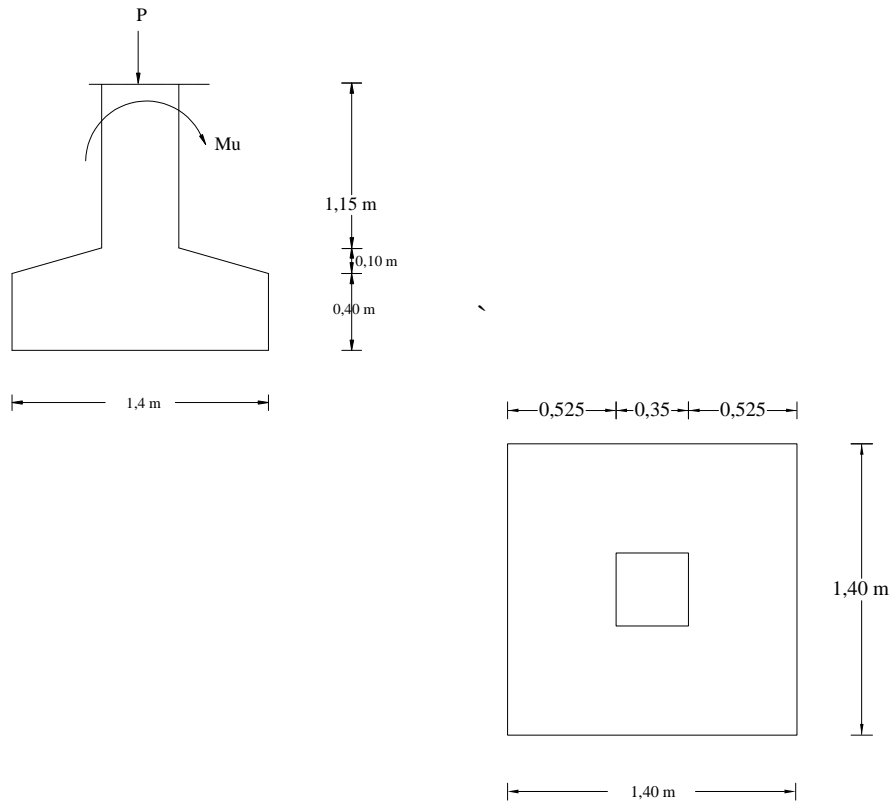
Tumpuan



L

## BAB 7

### PERENCANAAN PONDASI



**Gambar 7.1 Pondasi**

Direncanakan pondasi telapak dengan kedalaman 1,70 m dengan panjang 1,4 m dan lebar 1,4 m.

- $f'_c$  = 20 Mpa
- $f_y$  = 325 Mpa
- $\sigma_{\text{tanah}}$  = 2 kg/cm<sup>2</sup>
- $\gamma_{\text{tanah}}$  = 1,7 t/m<sup>2</sup>
- $\gamma_{\text{beton}}$  = 2,4 t/m<sup>2</sup>
- $P_u$  = 29352,66 kg
- $M_u$  = 2215,38 kg

Dimensi Pondasi

$$\Sigma_{\text{tanah}} \frac{Pu}{A} =$$

$$A = \frac{Pu}{\sigma_{\text{tanah}}} = \frac{29352,66}{20000} = 1,47 \text{ m}^2$$

$$B=L=\sqrt{A} = \sqrt{1,47} = 1,21 \sim 1,25 \text{ m}$$

Direncanakan dimensi = 1,40 x 1,40 m

Tebal plat = 0,4 m

Tebal selimut = 0,04 m

## 7.1 Perhitungan kapasitas dukung pondasi

### ➤ Pembebanan pondasi telapak ( foot plat)

$$\text{Berat telapak pondasi} = 1,4 \times 1,4 \times 0,45 \times 2400 = 1881,6 \text{ kg}$$

$$\text{Berat tanah} = (1,4^2 \times 1,15) - (0,35^2 \times 1,15) \times 1700 = 3592,3 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kolom} = (0,35 \times 0,35 \times 1,15) \times 2400 = 338,1 \text{ kg}$$

$$Pu = \underline{29352,66 +}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= 35164,66 \text{ kg} \\ &= 35,165 \times 10^4 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol eksentrisitas

$$e = \frac{Mu}{Vu} = \frac{2215,38}{35164,66} = 0,0630$$

$$e \leq 1/6 \times L$$

$$\leq 1/6 \times 1,40$$

$$\leq 0,216 \text{ m} \dots \dots \dots \text{ok!}$$

Kontrol tegangan ijin tanah

$$\sigma_{\text{net}} = qU = \frac{V_{\text{tot}}}{A} \pm \frac{M_{\text{ut}}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot L^2}$$

$$\sigma_{\text{tanah}} = \frac{35164,66}{140 \times 140} + \frac{2215,38}{\frac{1}{6} \cdot 140 \cdot (140)^2} = 1,803 \text{ kg/cm}^2$$



$$\sigma_{\tan ah2} = \frac{35164,66}{140 \times 140} - \frac{2215,38}{\frac{1}{6} \cdot 140 \cdot (140)^2} = 1,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \sigma_{\tan ahterjadi} < \sigma \text{ ijin tanah } (1,803 \text{ kg/cm}^2 < 2 \text{ kg/cm}^2 \text{ .....Ok!})$$

## 7.2 Perencanaan Tulangan Pondasi

### 7.2.1 Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \sigma_{\text{netto}} \times A_{\text{efektif}} \\ &= 180300 \times (0,525 \times 1,4) \\ &= 132520,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= 1/6 \cdot \sqrt{20} \cdot 1400 \cdot 354 \\ &= 367311,43 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \cdot V_c \\ &= 220386,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \phi V_c &= \frac{1}{2} \cdot 220386,8 \\ &= 110193,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

110193,4 N < 132520,5 N < 220386,8 N dipakai tulangan geser minimum

Tulangan geser minimum **Ø 8 – 175 mm**

### 7.2.2 Perhitungan Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} M_u &= 1/2 \cdot q_u \cdot t^2 = 1/2 \cdot 18030 \cdot (0,525)^2 \\ &= 2484,76 \text{ kgm} = 2,48476 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,48476 \cdot 10^7}{0,8} = 3,1059 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{3,1059 \cdot 10^7}{1400 \cdot 354^2} = 0,17$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{325}{0,85 \cdot 20} = 19,118$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 20}{325} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 325} \right) \\ &= 0,028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,028 \\ &= 0,021 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025 \text{ untuk pondasi telapak}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,118 \cdot 0,17}{325}} \right) \\ &= 0,0006 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\min} = 0,0025$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0025 \cdot 1400 \cdot 354 \\ &= 1239 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Untuk Arah Sumbu Panjang dan pendek sama

$$\begin{aligned} \text{digunakan tul } \varnothing 12 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (12)^2 \\ &= 113,097 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{1239}{113,097} = 10,9 \sim 11 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1400}{11} = 127,3 \sim 125 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan  $\varnothing$  **12 - 125 mm**

As yang timbul =  $11 \times 113,097 = 1244,367 \text{ mm}^2 > \text{As perlu.....ok!}$

Jadi dipakai **D 12 – 125 mm**

## BAB 8

### REKAPITULASI PERENCANAAN

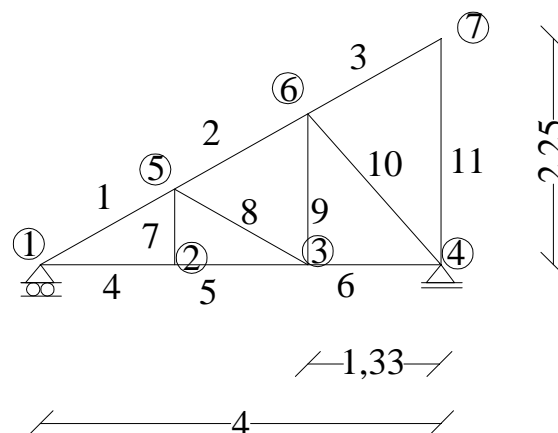
#### 8.1 Perencanaan Atap

Hasil dari perencanaan atap adalah sebagai berikut :

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| k. Jarak antar kuda-kuda        | : 4,00 m  |
| l. Kemiringan atap ( $\alpha$ ) | : $30^\circ$  |
| m. Bahan gording                | : <i>lip channels</i> (□) 150 x 75 x 20 x 4,5   |
| n. Bahan rangka kuda-kuda       | : baja profil <i>double</i> siku sama kaki (⊥).   |
| o. Bahan Jurai                  | : <i>Double lip channels</i> 150 x 75 x 20 x 4,5  |
| p. Bahan penutup atap           | : genteng.  |
| q. Alat sambung                 | : baut diameter 12,7 mm ( ½ inches)-mur.  |
| r. Pelat pengaku                | : 8 mm  |
| s. Jarak antar gording          | : 1,5 m   |
| t. Bentuk atap                  | : limasan.  |
| k. Mutu baja profil             | : Bj-37 ( $\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$ )<br>( $\sigma_{Leleh} = 2400 \text{ kg/cm}^2$ ) |

Berikut adalah hasil rekapitulasi profil baja yang direncanakan :

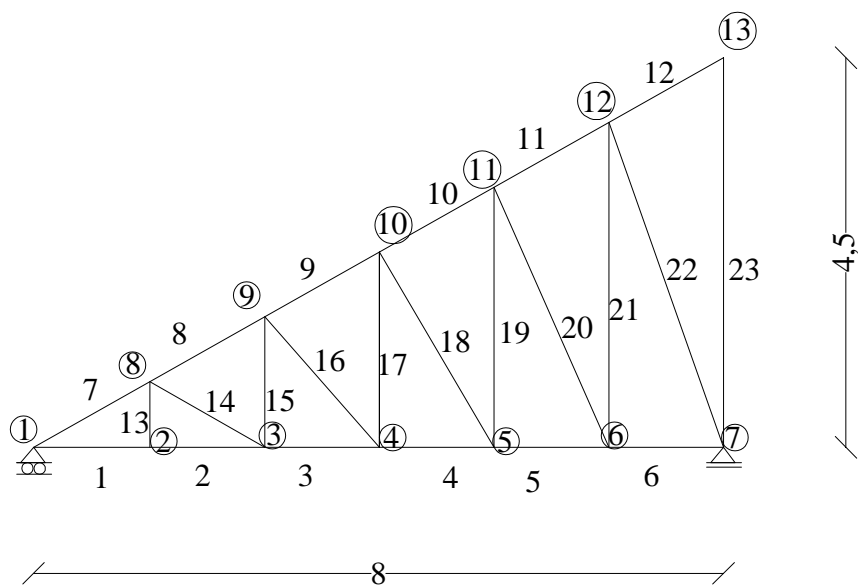
#### 1. Seperempat kuda-kuda



**Tabel 8.1 Rekapitulasi perencanaan profil Seperempat kuda-kuda**

Nomer Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	┘ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
2	┘ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
3	┘ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
4	┘ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
5	┘ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
6	┘ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
7	┘ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
8	┘ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
9	┘ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
10	┘ 45. 45 . 5	2 Ø 12,7
11	Pipa baja $\phi$ 2"	

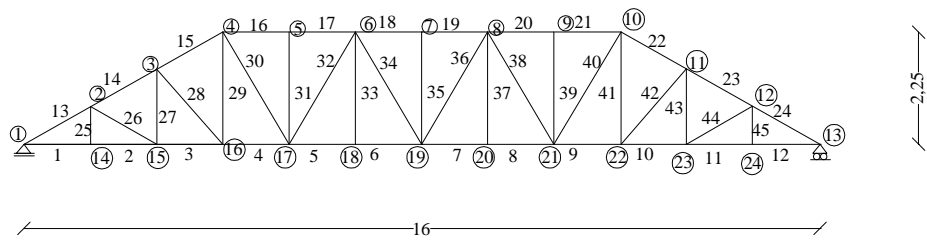
## 2. Setengah kuda-kuda



**Tabel 8.2 Rekapitulasi perencanaan profil setengah kuda-kuda**

<b>Nomer Batang</b>	<b>Dimensi Profil</b>	<b>Baut (mm)</b>
1	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
2	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
3	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
4	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
5	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
6	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
7	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
8	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
9	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
10	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
11	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
12	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
13	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
14	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
15	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
16	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
17	Pipa baja Ø 2"	
18	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
19	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
20	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
21	└ 50 . 50 . 5	3 Ø 12,7
22	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
23	Pipa baja Ø 3"	

### 3. Kuda-kuda Trapesium

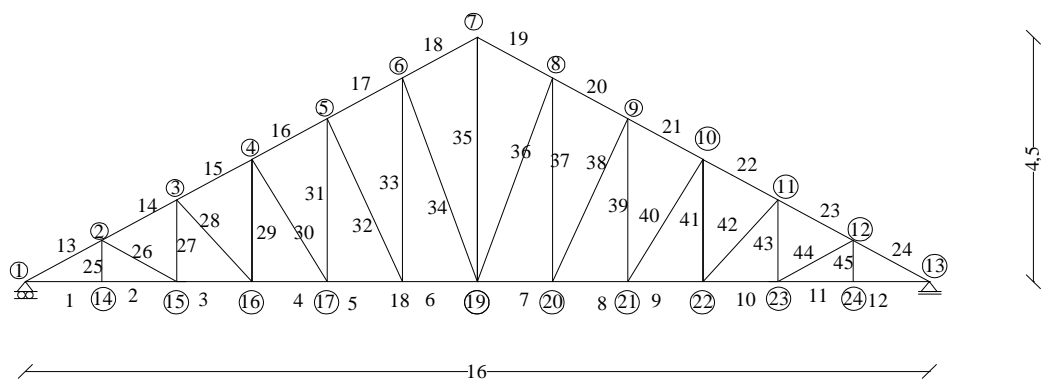


**Tabel 8.3 Rekapitulasi perencanaan profil kuda-kuda trapesium**

Nomer Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
2	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
3	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
4	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
5	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
6	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
7	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
8	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
9	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
10	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
11	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
12	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
13	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
14	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
15	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
16	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
17	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
18	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
19	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
20	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
21	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
22	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
23	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
24	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
25	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
26	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
27	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
28	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
29	Pipa baja $\phi$ 2"	
30	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7

31	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
32	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
33	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
34	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
35	Pipa baja $\phi$ 2"	
36	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
37	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
38	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
39	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
40	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
41	Pipa baja $\phi$ 2"	
42	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
43	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
44	└ 60 . 60 . 6	4 Ø 12,7
45	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7

#### 4. Kuda-kuda Utama





**Tabel 8.4 Rekapitulasi perencanaan profil kuda-kuda**

<b>Nomer Batang</b>	<b>Dimensi Profil</b>	<b>Baut (mm)</b>
1	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
2	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
3	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
4	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
5	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
6	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
7	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
8	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
9	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
10	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
11	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
12	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
13	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
14	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
15	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
16	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
17	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
18	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
19	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
20	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
21	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
22	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
23	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
24	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
25	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
26	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
27	└ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
28	└ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7

29	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
30	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
31	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
32	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
33	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
34	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
35	Pipa baja $\phi$ 3"	
36	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
37	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
38	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
39	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
40	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
41	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
42	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
43	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
44	⊥ 70 . 70 . 7	5 Ø 12,7
45	⊥ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7

## 8.2 Perencanaan Tangga

- ✓ Tebal plat dan bordes tangga = 20 cm
- ✓ Panjang datar = 450 cm
- ✓ Lebar tangga rencana = 175 cm
- ✓ Dimensi bordes = 150 x 400 cm
- ✓ Kemiringan tangga  $\alpha$  =  $34^0$
- ✓ Jumlah antrede = 9 buah
- ✓ Jumlah optrede = 10 buah

### 8.2.1 Penulangan Tangga

#### a. penulangan tangga dan bordes

Lapangan = Ø 12 mm –150 mm

Tumpuan = Ø 12 mm –100 mm

#### b. Penulangan balok bordes

Dimensi balok 25/30

Lapangan = 4 Ø 12 mm

Tumpuan = 4 Ø 12 mm

Geser = Ø 8 – 120 mm

### 8.2.2 Pondasi Tangga

- Kedalaman = 1,15 m
- Ukuran alas = 1200 x 1750 mm
- $\gamma$  tanah = 1,7 t/m<sup>3</sup> = 1700 kg/m<sup>3</sup>
- $\sigma$  tanah = 2 kg/cm<sup>2</sup> = 20 ton/m<sup>2</sup>
- Tebal =  $20 + (\frac{5}{2}) = 22,5$  cm
- Penulangan pondasi
  - a. arah sumbu pendek = Ø 12 mm – 120 mm
  - b. arah sumbu panjang = Ø 12 mm – 125 mm
  - c. geser = Ø 8 – 75 mm

### 8.3 Perencanaan Plat

Rekapitulasi penulangan plat

Tulangan lapangan arah x Ø 10 – 200 mm

Tulangan lapangan arah y Ø 10 – 240 mm

Tulangan tumpuan arah x Ø 10 – 100 mm

Tulangan tumpuan arah y Ø 10 – 100 mm

### 8.4 Perencanaan Portal

a. Dimensi ring balok : 200 mm x 300 mm

Lapangan = 2 D 16 mm

Tumpuan = 2 D 16 mm

Geser = Ø 8 – 120 mm

b. Dimensi balok portal : 250 mm x 500 mm

- Balok portal memanjang

Lapangan = 3 D 16 mm

Tumpuan = 4 D 16 mm

Geser =  $\varnothing$  8 – 110 mm

- Balok portal melintang

Lapangan = 3 D 16 mm

Tumpuan = 3 D 16 mm

Geser =  $\varnothing$  8 – 180 mm

c. Dimensi kolom : 350 x 350 mm

Tulangan = 4 D 16 mm

Geser =  $\varnothing$  8 – 200 mm

d. Dimensi sloof struktur : 200 mm x 300 mm

Lapangan = 3 D 16 mm

Tumpuan = 3 D 16 mm

Geser =  $\varnothing$  8 – 120 mm

### 8.5 Perencanaan Pondasi Footplat

- Kedalaman = 1,6 m
- Ukuran alas = 1400 x 1400 mm
- $\gamma$  tanah =  $1,7 \text{ t/m}^3 = 1700 \text{ kg/m}^3$
- $\sigma$  tanah =  $2 \text{ kg/cm}^2 = 20 \text{ ton/m}^2$
- Tebal = 40 cm
- Penulangan pondasi
  - arah sumbu pendek = D 12 mm – 125 mm
  - arah sumbu panjang = D 12 mm – 125 mm
  - geser =  $\varnothing$  8 – 175 mm

## **PENUTUP**

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik, lancar dan tepat pada waktunya.

Tugas akhir ini dibuat berdasarkan atas teori-teori yang telah didapatkan dalam bangku perkuliahan maupun peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan tambahan ilmu bagi penyusun yang nantinya menjadi bekal yang dapat diterapkan dilapangan pekerjaan sesuai dengan bidang yang berhubungan di bangku perkuliahan.

Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini merupakan suatu kebahagiaan tersendiri bagi penyusun. Keberhasilan ini tidak lepas dari kemauan dan usaha keras yang disertai doa dan bantuan dari semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penyusun sadar sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Akan tetapi kekurangan tersebut dapat dijadikan pelajaran yang berharga dalam penyusunan Tugas Akhir selanjutnya. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya konstruktif dari pembaca.

Akhirnya penyusun berharap semoga Tugas Akhir dengan judul Perencanaan Struktur Gedung UKM 2 Lantai ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan semua Civitas Akademik Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, serta para pembaca pada umumnya